BEITRAG ZUR HYDROLOGIE DER LANDSCHAFT DAVOS

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophischen Fakultät II

der

Universität Zürich

von

Walter Dietz

aus Stuttgart (Deutschland)

Begutachtet von den Herren

Prof. Dr. Paul Niggli

Dr. phil. O. Lütschg

Zürich 1938

Sonderabschnitt aus O. Lütschg:

Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Geotechnische Serie - Hydrologie

Lieferung 4

BEITRAG ZUR HYDROLOGIE DER LANDSCHAFT DAVOS

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Philosophischen Fakultät II

der

Universität Zürich

von

Walter Dietz

aus Stuttgart (Deutschland)

Begutachtet von den Herren

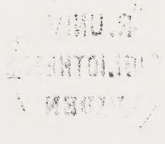
Prof. Dr. Paul Niggli

Dr. phil. O. Lütschg

Zürich 1938

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
in aller Dankbarkeit



Sonderabschnitt aus O. Lütschg:

Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges

Beiträge zur Geologie der Schweiz

Geotechnische Serie - Hydrologie

Lieferung 4

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einführung VII

II. Der geologische Aufbau des grundwasserführenden Untergrundes . . 1

III. Sedimentpetrographische Untersuchungen 7

A. Sieb- und Schlämmanalysen 7

B. Mikroskopische Bestimmung 8
1. Südufer 8
2. Nordufer 8

C. Porenvolumenbestimmung 8

IV. Das Grundwasser 9

A. Allgemeines Auftreten und Erscheinungsformen 9

B. Einwirkende Faktoren 9

C. Bereich der Untersuchungen 10

D. Meßmethoden 11
1. Grundwasserstand 11
2. Stand der offenen Gewässer 12
3. Grundwassertemperatur 12
4. Gewässertemperatur 12

E. Vorliegendes Beobachtungsmaterial 12

F. Der Gang des Grundwasserspiegels 13
1. Aenderung des Grundwasserstandes zwischen zwei Messungen . . . 13
2. Ganglinien der Monatsmittel der Grundwasserstände 1933/34 . . . 17

G. Beziehung der Gewässer zum Grundwasser 20
1. Möglichkeiten und auftretende Fälle der Beziehung 20
2. Grundwasseraustritte am Nordufer des Davosersees 23
3. Einfluß einer künstlichen Seeabsenkung auf den Grundwasserspiegel im Sommer 1933 24
4. Vergleich zweier Meßperioden im Sommer 1933 28
5. Natürliche und künstliche Schwankungen des Davosersees und Aenderungen des Grundwasserspiegels vom Juli bis November 1933 . . . 30
6. Seeabsenkung und Mehrabsinken des Grundwasserspiegels in den Wintern 1931/32 und 1933/34 31
7. Seeabsenkung und Aufstöße im Davosersee 33
8. Seeauffüllung und Grundwasserspiegel 39
9. Seestand und Grundwasserstand in Rohr 12 für die Periode 1931/32 bis 1934/35 39
10. Flüelabach und Grundwasser 43
a) Vergleich des Sommer- und Herbstganges des Flüelabachs mit dem des Grundwassers. Hochwasser des Flüelabachs 43
b) Vergleich des Winter- und Frühlingsganges des Flüelabachs mit dem des Grundwassers. Eisbildungen im Flüelabach 44

Seite

11. Landwasser und Grundwasser 45
12. Wechselnde Beziehung des Landwassers und Grundwassers zwischen Meßstelle «z» und Arenno 46
13. Beziehung der übrigen Bäche und Gräben zum Grundwasser . . . 47
14. Vergleich der Monatsmittel der Wasserstände des Davosersees, Flüelabaches, Landwassers und der Rohre 3 und 7 49

H. Beziehung zwischen Niederschlag und Grundwasser 49
1. Einfluß der Schneedecke und der Schneeschmelze auf den Grundwasserspiegel 50
2. Einfluß des Regens auf den Grundwasserspiegel 56

I. Höhendifferenzen der Wasserspiegel 57

K. Temperatur des Grundwassers 64
1. Allgemeines 64
2. Der Gang der Grundwassertemperatur während der Untersuchungsperiode 1933/34 67
3. Beziehung zwischen Grundwassertemperatur und Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche 69
a) Für die Rohre 1—17 an bestimmten Tagen 69
b) Für Rohr 12 im Verlaufe eines Jahres 71
4. Temperatur des Grundwassers und der offenen Gewässer 72
a) Zwischen Flüelabach und Landwasser bei der Dischmabacheinmündung am 25. Januar 1935 72
b) Grundwasser in Rohr 12, Landwasser bei Rohr 12, Graben I und II im Winter 1934/35 74
c) Temperaturen der Aufstöße im Davosersee am 23. und 28. Februar 1933 75
5. Grundwassertemperaturen zur Bestimmung der Geschwindigkeit und der Fließrichtung des Grundwassers 75

L. Chemismus des Grundwassers 75
1. Vorliegende Analysen des Grundwassers aus den Rohren 13 und 17 . . 75
2. Grundwasseranalysen der Rohre 1—17 77
3. Salzversuche 78
4. Chemische Untersuchung der Aufstöße im Davosersee 81

M. Menge des Grundwassers 82
1. Flüeladelta 82
a) Winter 1931/32: Annahme eines unabgesenkten Davosersees . . 83
b) Winter 1931/32: Künstliche Absenkung des Davosersees . . . 86
2. Davosersee 87

N. Jährlicher Gang und Spielraum des Grundwassers 88
1. Bei normalem Seespiegel 88
2. Bei abgesenktem Seespiegel 88

O. Höhenlinienpläne des Grundwassers 89

V. Zusammenfassung 91

Literaturverzeichnis 94

I. Einführung.

Selten konnten bis heute im Hochgebirge umfangreiche Grundwasserstudien durchgeführt werden, und noch vor etwa 20 Jahren waren die Grundwasserverhältnisse im Hochtale von Davos mehr oder weniger unbekannt.

Erst durch die wirtschaftliche Ausnutzung des Davosersees, seine winterliche Absenkung und den dadurch verminderten winterlichen Abfluß des Davoser Landwassers wurde — direkt und indirekt — nach den Grundwasserverhältnissen der Davoserebene gefragt: « Es handelt sich um die Einwirkungen, welche die der A.-G. Bündner Kraftwerke konzedierte Absenkung des Davosersees auf die Wasserführung des Landwassers und die Kanalisationsverhältnisse der Gemeinde Davos ausübt. » Mit dieser Fragestellung war der Arbeitsbereich für die spätern Untersuchungen gegeben.

Einige wenige Angaben über Grundwasserstände im Bereich des Davosersees waren aus einzelnen Voruntersuchungen der Jahre 1920—1923 vorhanden; da sie aber für die Bearbeitung der vorliegenden Frage zu spärlich waren, wurde im Herbst 1931 vom Leiter der Untersuchungen, Herrn Dr. *O. Lütschg,* ein Arbeitsprogramm aufgestellt, aus welchem eindrucksvoll hervorgeht, daß für die Lösung der verschiedenen Aufgaben umfangreiche und zeitraubende Untersuchungen notwendig sind.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich vornehmlich mit *einem* Punkte dieses Arbeitsprogrammes, nämlich mit der « *Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Bereich des Davosersees, des Flüeladeltas und der Davoserebene bis Davos-Platz* ».

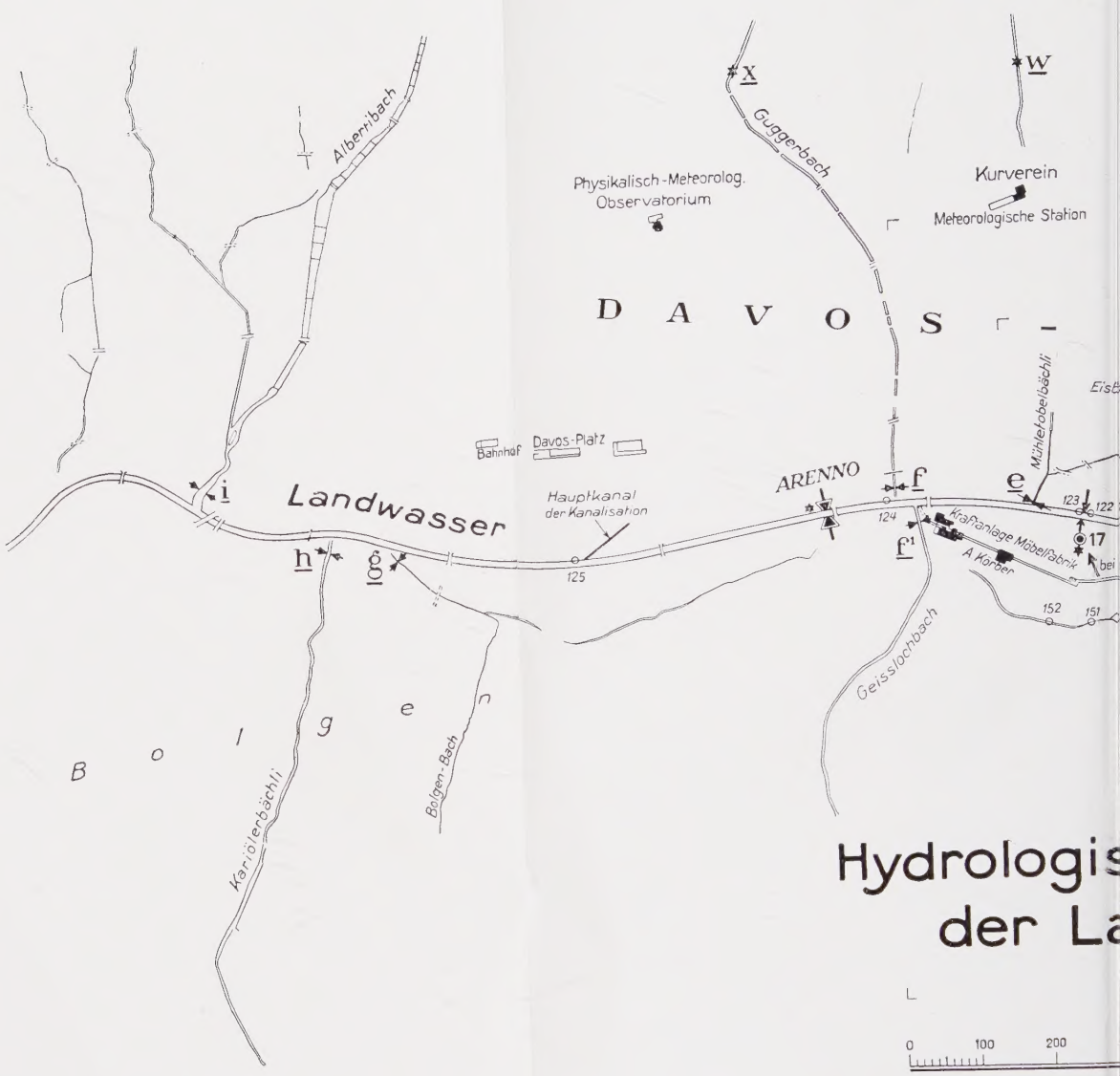
Die Grundlage für die gesamten Grundwasseruntersuchungen im Gebiete der Landschaft Davos bilden die umfangreichen, von den Organen der *A.-G. Bündner Kraftwerke in Klosters,* der *Gemeinde Davos* und dem *Institut für Gewässerkunde der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich* ausgeführten Messungen, Erhebungen, Beobachtungen, Begehungen und Besprechungen, die sich über volle fünf Jahre erstreckten. Die Ausarbeitung der vorliegenden Studie erfolgte in den Jahren 1933 bis 1936 im *Institut für Gewässerkunde* und im *Mineralogischen Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.*

Die Arbeit bildet einen Bestandteil des dritten Teiles des im Drucke stehenden Werkes von *O. Lütschg:* « Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges » [44].

Ich möchte Herrn Prof. Dr. *P. Niggli* für sein anteilnehmendes Interesse an dieser Arbeit meinen besten Dank aussprechen.

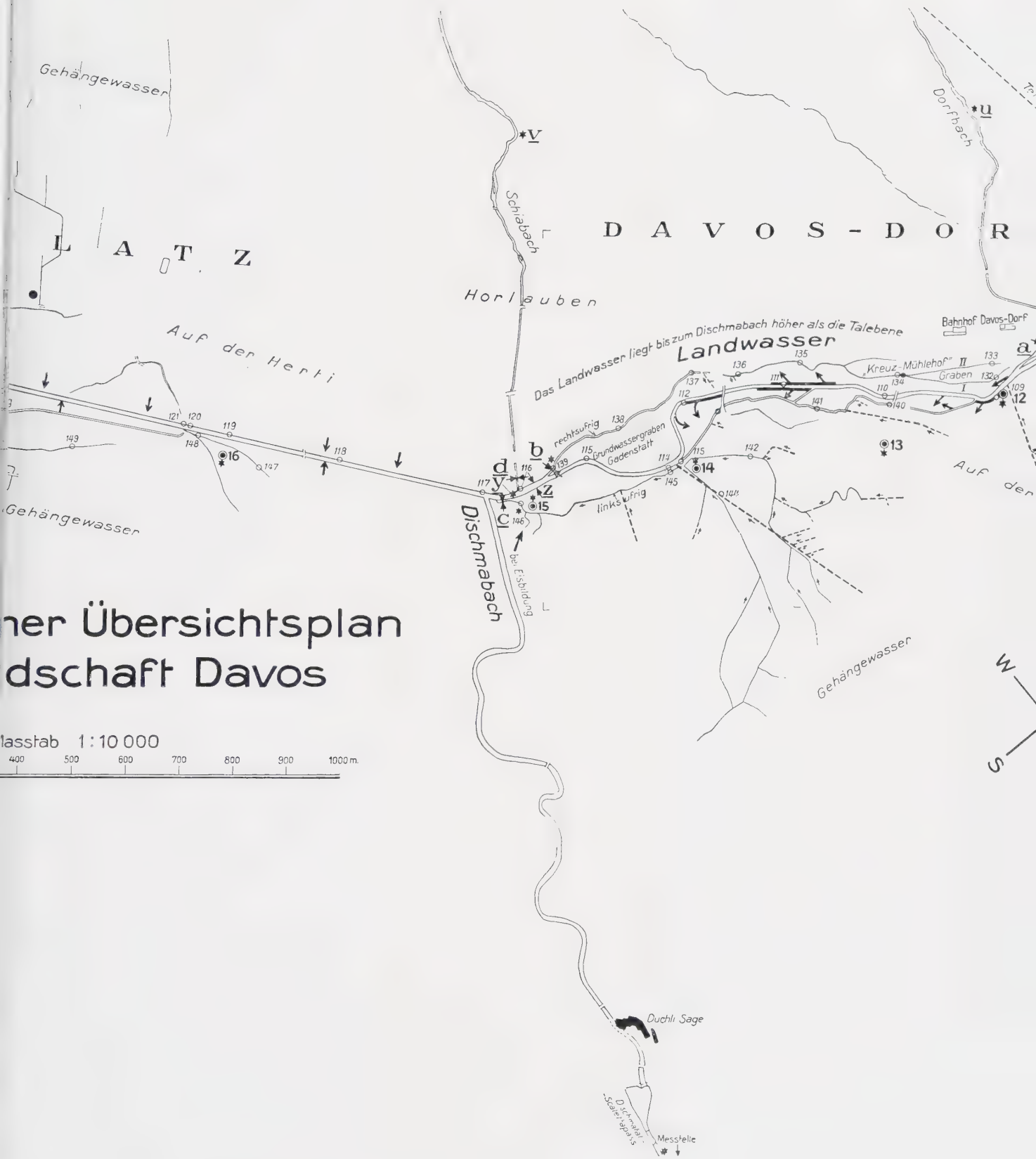
Dem regen Kontakt mit Herrn Dr. h. c. *O. Lütschg* verdanke ich bei der gemeinsamen Untersuchung der hydrologischen Verhältnisse der Landschaft Davos viele Anregungen und Hinweise, und ich möchte Herrn Dr. *Lütschg* für seine stete Bereitschaft, Mühe und Unterstützung ganz besonders danken.

Ferner wurde mir von Professoren und Mitstudierenden an den beiden Hochschulen Zürichs manche Förderung zuteil.



Hydrologis
der La

0 100 200



ner Übersichtsplan
dschaft Davos

Maßstab 1:10 000

400 500 600 700 800 900 1000 m.

Tafel 1

Meierhof
Heilbachli
Salezerbach
Teich
Abschlussstelle
ewasser
Grundwasseraufstösse
DAVOSERSEE
Totalpbach
Ob dem See
Grundwasseraustritte
Höhwald
B.K. Wasserfassung
Drusatschabach
Hydrobiologische Station (Limnigraph)
Badeanlage
Wasserführung bei Schneeschmelze und hohem Grundwasserstand
B.K. Zuleitung des Flüelabaches
Jn der Stilli
Seewiesen
Boh. 1
Boh. 2
Boh. 3
Boh. 4
Boh. 5
Bohrung 2
bei Eisbildung
Wehr
Limnigraphenstationen
Pegel- und Wassermesstationen
Entnahmestellen für Wasserproben
Grundwasser
Grundwasserbeobachtungsstellen
Pegel zur Aufnahme der Gewässer-Längenprofile
Uferstrecke mit Wasserverlusten (H.W. 1935)
Kanalisationsstränge
Mistgruben

II. Der geologische Aufbau des grundwasserführenden Untergrundes.

Im Februar und März 1920 wurden im *Delta des Flüelabachs* drei Bohrungen, die als Schächte begonnen waren, bis zu einer Tiefe von 18,50 m, 19,90 m und 9,75 m niedergebracht (Tafel 1 und Fig. 1). Im Juli 1923 wurde die Bohrung 4 (nach dem Ufereinbruch in den Seewiesen) und im August 1923 die Bohrung 5 ausgeführt, erstere mit einer maximal erreichten Tiefe von 40,0 m und letztere von 28,35 m unter Geländeoberfläche (Tafel 1 und Fig. 2).

Auf Grund der notierten Befunde (Fig. 1 und 2) — Proben wurden uns keine bekannt — können wir Näheres über den Aufbau des Flüeladeltas gegen den Davosersee hin aussagen.

In der Bohrung 1 und 3 wurde « *anstehender Fels* » in 1546.17 m [1]) und 1555.05 m erreicht, was gut in Verbindung zu bringen ist mit dem oberflächlich anstehenden Fels westlich des Seeausflusses und östlich der Rhätischen Bahn in der « Stilli ». Wahrscheinlich dürfte auch in Bohrung 5 der anstehende Fels erreicht worden sein. Beachtenswert ist, daß in Bohrung 4 trotz *40 m Tiefe* (1522.50 m) noch *kein Anstehendes* getroffen wurde, so daß hier die im Davosersee durch *Cadisch* [7] nachgewiesene *Erosionsschlucht* sich noch weit *unterhalb* des *Flüeladeltas* fortsetzt und erst in späterer Zeit durch die Schuttmassen des Flüelabachs zugeschüttet wurde. (Vgl. die Spezialkarte Nr. 94 B, Davos, und den darin von *Cadisch* kartierten Schuttkegel des Flüelabachs bei einem Seespiegel von 1529 m [2]).)

Aus den fünf Profilen ergibt sich folgender Aufbau des Flüeladeltas gegen den Davosersee:

Zuoberst liegt überall eine 0,15—0,30 m mächtige *Humusschicht,* unter der — je nach Lage des Schachtes — verschiedene Schichten folgen. Die *seenahen* Schächte für die Bohrungen 1 und 4 (rund 40 m vom Davosersee) ergaben zwischen « *Lehmigem* » *Sand- und Kies-, Torf- und Holzschichten* mit einer Mächtigkeit von 0,90 und 1,20 m, während in den *seeferneren* Bohrungen 2, 3 und 5 *keine* oder nur unbedeutende *Torfschichten* vorkommen. Bis zur Höhe von ungefähr 1560 m folgen in allen Schächten und Bohrungen *Sande und Kiese,* die als « lehmig » bezeichnet werden, was wohl heißen dürfte, daß auch feine und feinste Teile zur Ablagerung kamen. Unter 1560 m folgen in den einzelnen Bohrungen ungleich wechselnd *feine und grobe Sande und Kiese,* zu denen meist bemerkt ist, daß sie « rein », « ganz rein » oder « stark durchlässig » seien.

In Bohrloch 4 mußte von 1551.30—1546.85 m ein auffallend großer *Steinblock* mit rund 4,5 m Durchmesser durchbohrt werden. In Bohrung 5 wurde etwas höher im Delta von 1553.18—1548.60 m « grober Kies und *Steine bis Kopfgröße* » gefunden, was alles gemeißelt werden mußte; weiter fand sich in Bohrung 2 bei 1550.36 m eine 0,15 m dicke « *Steinplatte* ». Ungewiß bleibt es, ob hier ein gewaltiger Murgang aus dem Flüelatal gegen den See ausbrach oder ob ein Felsabsturz (z. B. vom Seehorn) diese Massen zu Tal förderte oder gar beides erfolgte.

[1]) Alter Horizont (376.86 m).
[2]) Auf der Karte sollte die Bemerkung: 1529 m = 33 m Absenkung heißen.

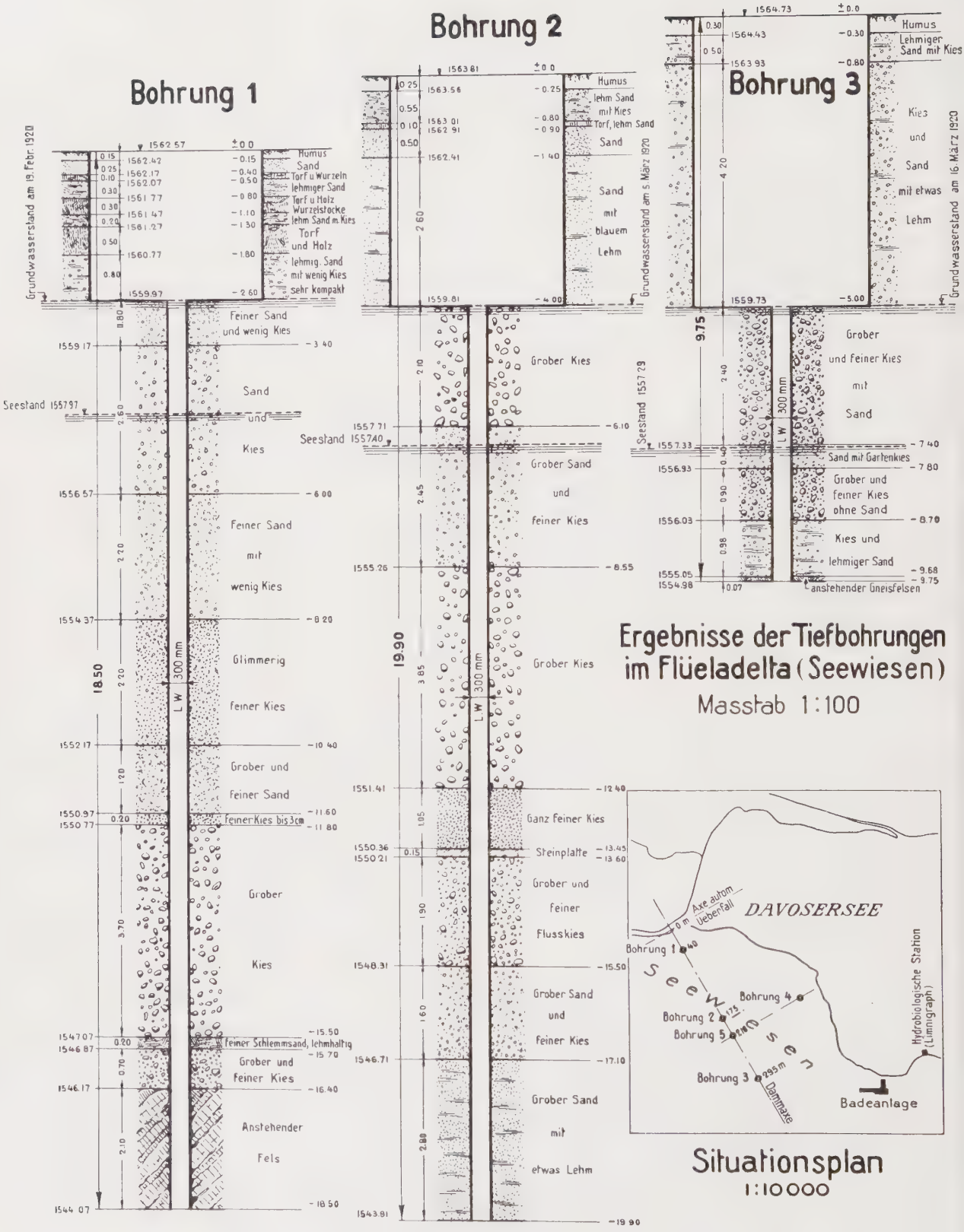
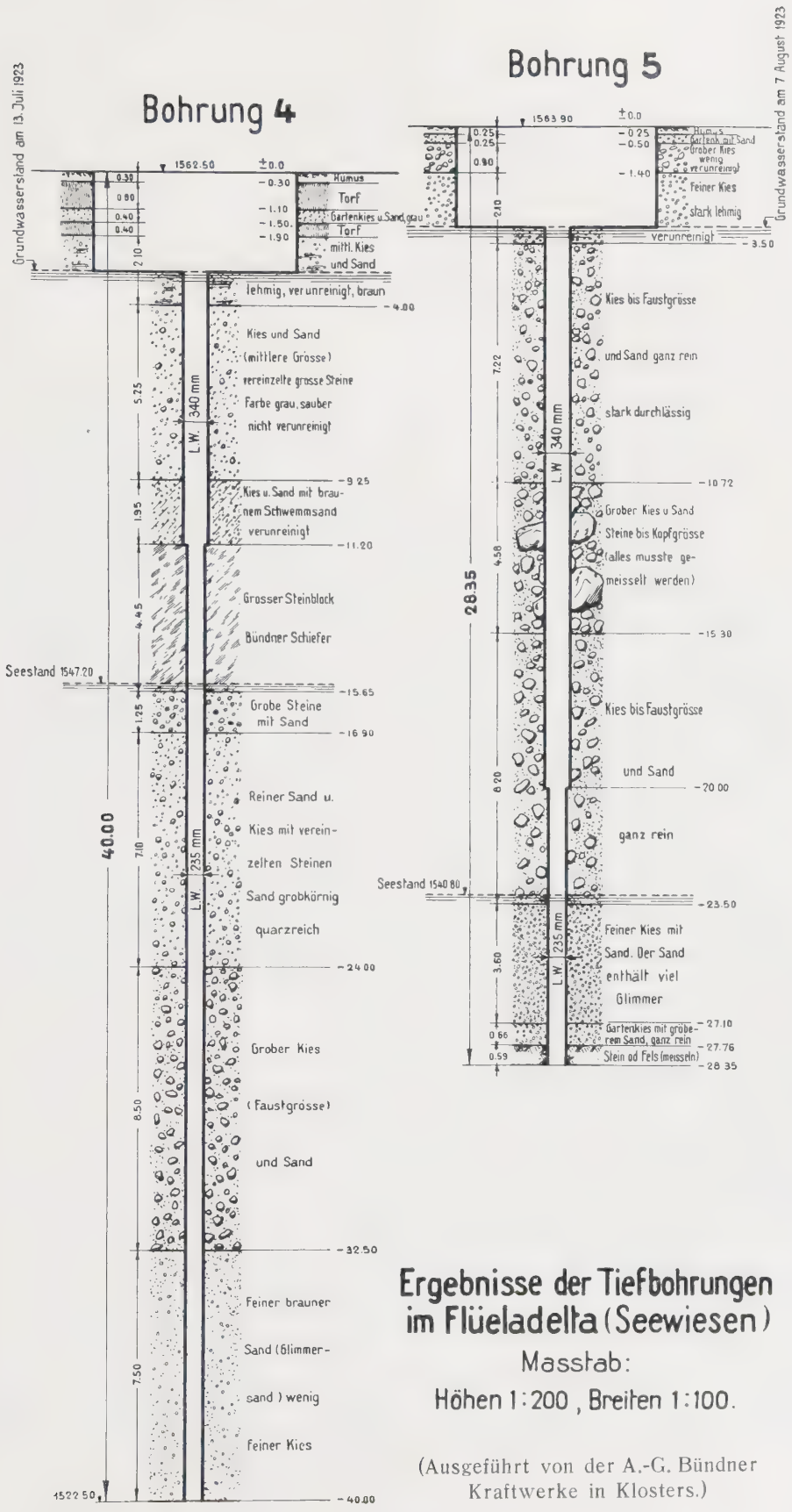

Bohrung 1
Grundwasserstand am 19. Febr. 1920
1562.57
±0.0
Humus
Sand
Torf u Wurzeln
lehmiger Sand
Torf u Holz
Wurzelstocke
lehm Sand m. Kies
Torf und Holz
lehmig. Sand mit wenig Kies sehr kompakt
Feiner Sand und wenig Kies
Sand und Kies
Feiner Sand mit wenig Kies
Glimmerig feiner Kies
Grober und Feiner Sand
Feiner Kies bis 3cm
Grober Kies
Feiner Schlemmsand, lehmhaltig
Grober und Feiner Kies
Anstehender Fels
Seestand 155797
Seestand 155740
L W 300 mm
18.50
Bohrung 2
Grundwasserstand am 5. März 1920
1563.81
Humus
lehm Sand mit Kies
Torf, lehm Sand
Sand
Sand mit blauem Lehm
Grober Kies
Grober Sand und feiner Kies
Grober Kies
Ganz Feiner Kies
Steinplatte
Grober und feiner Flusskies
Grober Sand und feiner Kies
Grober Sand mit etwas Lehm
19.90
Bohrung 3
Grundwasserstand am 16. März 1920
1564.73
Humus
Lehmiger Sand mit Kies
Kies und Sand mit etwas Lehm
Grober und Feiner Kies mit Sand
Sand mit Gartenkies
Grober und feiner Kies ohne Sand
Kies und lehmiger Sand
Anstehender Gneisfelsen
9.75
Ergebnisse der Tiefbohrungen im Flüeladelta (Seewiesen)
Massstab 1:100
DAVOSERSEE
Axe autom. Ueberfall
Bohrung 1
Bohrung 2
Bohrung 3
Bohrung 4
Bohrung 5
Seewiesen
Hydrobiologische Station (Limnograph)
Badeanlage
Damm axe
Situationsplan
1:10000

Fig. 1



Ergebnisse der Tiefbohrungen im Flüeladelta (Seewiesen)

Masstab:

Höhen 1:200, Breiten 1:100.

(Ausgeführt von der A.-G. Bündner Kraftwerke in Klosters.)

Fig. 2

Glimmer wird in verschiedenen Höhen der Bohrungen 1, 4 und 5 je einmal besonders erwähnt. (Dieser auffallende Glimmergehalt — Biotit und Muskowit — wurde auch in untersuchten Proben als charakteristisch festgestellt.)

Im untersten Teil der Bohrprofile 1, 2 und 3 werden nochmals « lehmige » Einlagerungen angegeben.

Am 9. Mai 1934 nahm Herr Ing. *Ingold* zusammen mit Herrn *Fausch* 16 Sondierlöcher und Schürfungen am Südufer des rund 8 m abgesenkten Davosersees auf; sie ergaben wiederum den wechselnden Aufbau des Flüeladeltas: *sehr feine Sande bis grober Kies* und zuoberst eine Torfschicht (Fig. 3).

Fig. 3

Südufer des abgesenkten Davosersees mit Schürfungsstellen nächst der Badanstalt in Davos-Dorf.
Seestand am 9. Mai 1934 = 1553,67 m ü. M.

Am freiliegenden Seeufer gegen den Seeausfluß hin waren die feinen Sandschichten mit schlammigem Material durchsetzt, weil an dieser Stelle der Seegrund verhältnismäßig flach ist und in der Südwestbucht die vorherrschenden Winde alles zusammentreiben.

Drei von Dr. *Hug* aufgenommene Profile der Schächte bei Haus Buser ergaben keinen andersartigen Aufbau des Flüeladeltas (Profil bei Schacht I, Fig. 4).

Herr Ing. *Ingold* ließ auf unsern Wunsch im Mai—Juni 1936 4,5 m oberhalb der obersten Brücke links und rechts des Flüelabachs zuerst eine 3 m tiefe Grube ausheben, um den Grundwasserspiegel festzustellen. Als dieser nicht erreicht worden war, wurde die rechte Grube bis 5 m vertieft; der Aushub bestand durchweg aus

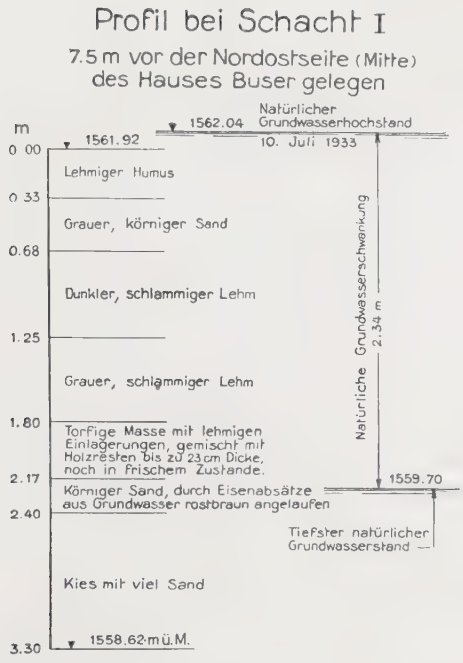


Fig. 4

gleichem Material, d. h. aus feinstem bis gröbstem Geschiebe mit Geröllen bis zu 0.5 m Länge (s. Fig. 5).

Weitere Angaben über den Aufbau des Untergrundes konnten wir nicht erhalten, außer daß in Kellern Sand und Kies und neben dem Flüelabach Flußgeschiebe bis Kopfgröße vorkommen.

Nach den vorliegenden Profilen und Beobachtungen stellen wir uns folgenden Werdegang des Flüeladeltas vor:

In den durch den Bergsturz von Wolfgang-Drusatscha gestauten « Groß-Davosersee » (*Cadisch*) schüttete der Flüelabach *unterseeisch* über Moräne oder schon verschwemmte Moräne sein Delta auf, wobei wohl größtenteils die feinsten Bestandteile der Sedimente suspendiert in den Davosersee hinausgeschwemmt wurden, um an ruhigen Stellen abgelagert zu werden, während die feinen und groben Sedimente das eigentliche Delta aufschütteten. In diese Sedimentation brachte ein Murgang oder Felsabsturz Blöcke, die alsbald von weitern Schuttmassen bedeckt wurden. Ungefähr bei 1560 m Höhe baute der Bachschutt den Schuttkegel *über* dem Seespiegel weiter auf, wodurch mehr feine und feinste Sedimentanteile in den Deltaablagerungen zum Absatz kamen. Verlandungsprozesse führten zur Bildung eines Flachmoors, wovon Torf, eingeschwemmte Wurzeln und Baumstämme bis heute erhalten blieben. Durch die wachsende Ausdehnung des Flüeladeltas wurde der Davosersee immer mehr in seinem Südteil verkleinert, der Seeausfluß mehr und mehr auf die rechte Talseite gedrängt und es bildete sich eine sumpfig-moorige Niederung vom Davosersee bis gegen Frauenkirch, deren Reste wir in den Schächten bei Haus Buser, Davos-Dorf, bis zur Höhe von 1559.75 m in « torfigen Massen mit Holzresten », bei Rohr 15 in « Spuren von Torf » (rund

Fig. 5

Grube am linken Ufer des Flüelabaches neben der obersten Brücke beim Gredigwald zur Feststellung der Höhenlage des Grundwasserspiegels, 3./6. Juni 1936.

1547 m) und beim Bau des Eisbahnpavillons in Davos-Platz (rund 1540 m) (vgl. *Gaberell*[3])) fanden.

Ueber den *Aufbau des Totalpdeltas* sind wir durch keine Bohrungen orientiert; dafür brachte aber der Einbruch des Totalpdeltas am 7. Februar 1923 einen großen Anschnitt in das Anstehende *(Moor)*[4]). Bei der Totalpbachkorrektion wurden weiterhin neben *Sand und Kies* viel *grober Kies und Blöcke* im untersten Teil des Deltas gefunden. Heute noch kann man an einer bis 7 m hohen Abrißwand am Nordufer des Davosersees (Taf. 2, Fig. a) den wechselnden Aufbau des Totalpdeltas über dem normalen Seespiegel studieren und findet neben *feinen und gröbern Serpentinsanden* (z. T. mit eingelagerten *Torfbändchen)* besonders gegen die Totalpmündung hin auch *Kies und Grobkies*. Ueber den Serpentinsanden lagert mancherorts noch bis 0,9 m *Torf;* im Gegensatz zum Südufer (Flüeladelta) befindet sich dieser Torf des Nordufers höher über dem See (etwa von 1564 bis 1565 m).

Durch die Seeabsenkungen erfolgten nicht nur kleinere und größere Abbrüche (z. B. bei der ehemaligen Badanstalt Ende Dezember 1922, ob dem See 7. Februar 1923 und am Flüeladelta 4./5. Juli 1923), sondern es wurden auch die *Seeufer* bis tief hinab durch den Wellenschlag (z. T. auch durch Eis) aufgearbeitet und stellen heute *keine ungestörten* natürlichen Ufer mehr dar.

Die Ausfrierung des freiliegenden Seeufers begünstigte zusammen mit dem Ueberdruck des Grundwassers vom Totalpdelta den erwähnten gewaltigen Ufereinbruch « ob dem See ». Heute sind an den steilen Nordufern noch Möglichkeiten zu kleinern Abbrüchen durch Unterspülung (Wellenschlag) und durch austretendes Grundwasser gegeben (Fig. 13—15, S. 24).

Ein anschauliches Bild über den Aufbau des Ost- und Westufers — anstehender Fels (auf der Westseite Kristallin, auf der Ostseite aber auch Sedimentgesteine), dazwischengeklemmte Moräne und aufliegender Schutt — zeigt Tafel 2, Figuren a und b, wobei in Fig. a der Gesteinsunterschied zwischen hellem Gneis und dunklem Serpentinsand bei der Totalpbacheinmündung auffallend erscheint.

Wir fassen zusammen: Im Bereich des Flüeladeltas liegt eine in ihrer maximalen Tiefe sicher über 40 m mächtige grundwasserführende Deltaaufschüttung vor. Landwasserabwärts dürften nach den wenigen bekannten Aufschlüssen die Verhältnisse weitgehend analog denen des Flüeladeltas sein (von links und rechts Schuttkegel und geschichtliche Versumpfung).

Trotz lokaler Schichtverschiedenheit liegt ein im ganzen — mit wenigen Ausnahmen — gut durchlässiges Gestein vor. (Vgl. Grundwasseraufstöße im Davosersee, Einfluß der Seeabsenkung auf den Grundwasserspiegel und ähnliche Bewegung desselben S. 23 u. f.). Die starken Versickerungen des Totalpbachs (bis zur völligen Austrocknung) — ähnlich wie im Drusatschabachbett — zusammen mit den vielen Grundwasseraustritten über und unter dem Seespiegel des Nordufers dürften auch für diese Gebiete die *große Durchlässigkeit* beweisen.

[3]) Das Werk 1936, H. 1, S. 6.
[4]) Schweiz. Bauzeitung, 82, 1923, Nr. 5.

Fig. a

West- und Nordufer des Davosersees.
Seestand am 28. November 1923 = 1529.8 m ü. M.

Fig. b

Ostufer des Davosersees. Alte Terrasse im See.
Seestand am 13. Oktober 1923 = 1529 m ü. M.

III. Sedimentpetrographische Untersuchungen.

A. Sieb- und Schlämmanalysen.

Bei unsern nur generell aufzufassenden Untersuchungen konnten von den sechs vorliegenden Sedimentproben nur drei Proben vom Nordufer des Davosersees genauer analysiert werden, weil in den drei Proben des Flüeladeltas (Südufer) die vom Wasser aufgearbeiteten organischen Bestandteile aus dem darüber anstehenden Moor einen zu großen Prozentsatz ausmachten und verhinderten, daß normal gesiebt und geschlämmt werden konnte.

Siebung: Die gröbern Fraktionen wurden mit verschiedenen Größen von Loch- und Maschensieben aus einer Probe von 50 g erhalten und die *Schlämmung* im Apparat von *Kopecky* [18] mit dem Rest durchgeführt. Beim mehrmaligen Sieben der gleichen Probe ergaben sich gewisse Unterschiede, die von der Dauer und der Art der Siebung abhängen; es konnte festgestellt werden, daß bei längerer Siebung um so mehr nadlige Serpentinsplitter (die oft von der drei- und mehrfachen Länge ihres kleinsten Durchmessers sind) durch die Löcher oder Maschen der Siebe durchfallen. Den erhaltenen Fraktionsanteilen ist darum — und wegen eines allerdings kleinen Moorgehaltes — nicht zu hohe Genauigkeit zuzuschreiben.

Die Ergebnisse der Sieb- und Schlämmanalysen sind als Gewichtsprozente der lufttrockenen Substanz in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1

mm	Nordufer		
	1 m Tiefe	5 m Tiefe	9 m Tiefe
	%	%	%
0,01	2,9	2,9	1,8
0,01—0,05	4,8	12,4	0,8
0,05—0,1	13,0	33,1	6,4
0,1 —0,2	12,1	20,4	25,0
0,2 —0,3	8,9	9,8	13,2
0,3 —0,5	15,3	9,5	19,0
0,5 —1,0	8,8	3,9	6,0
1,0 —2,0	12,5	4,1	7,8
2,0	21,7	3,9	20,0

Man sieht, daß ein Korngemisch von viel mittelfeinem und weniger grobem Material in allen drei untersuchten Proben vorliegt, wobei die Proben aus 1 und 9 m Tiefe ziemlich ähnlich sind, während diejenige aus 5 m Tiefe merklich feiner ist. Dieser Mischungstyp der drei Proben ist in der Natur häufig *(Zingg* [69]).

Bei allen drei Proben ist der geringe Anteil der Fraktion 0,01 mm auffallend. Dies mag damit in Zusammenhang stehen, daß bei der Ablagerung der Sedimente die feinsten Anteile suspendiert in das stehende Wasser des Davosersees hinausgetragen werden und dann nur noch z. T. im eigentlichen Delta zur Ablagerung kommen. (Vgl. Aufbau des Flüeladeltas S. 4—6.)

B. Mikroskopische Bestimmung.

1. Südufer.

Aus einer Probe des Südufers wurden die Schwermineralien mit Hilfe von Bromoform *(von Moos* [49]) zur Bestimmung vom übrigen getrennt und angereichert.

Folgende Mineralien wurden in dem Deltasand aus dem Einzugsgebiet des Flüelabaches in 9 m Tiefe am Südufer des Davosersees beobachtet:

Hauptgemengteile: *Quarz,* meist in eckigen Bruchstücken, Feldspäte: *Orthoklas* und *Plagioklas,* z. T. stark zersetzt (serizitisiert), Glimmer: *Biotit* und *Muskowit* (makroskopisch schon in ihrer Menge auffallend). Nebengemengteile: grüne oder blaugrüne faserige *Hornblende,* eckiger pleochroitischer *Epidot* und *Chlorit* (oft umgewandelter Biotit). Akzessorien: stengliger *Apatit, Staurolith,* in scharfen gelben Bruchstücken, stengliger gelber *Rutil,* fast farbloser, etwas eckiger *Granat,* idiomorpher *Turmalin,* fast idiomorpher *Zirkon, Andalusit* mit rötlichem Pleochroismus, *Titanit,* fast idiomorph, aber stark durch Spaltrisse zertrümmert, und Erz: *Magnetit, Limonit, Hämatit.*

Ueber das Vorkommen, die Herkunft und die Bildung dieser Einzelmineralien hat Streckeisen [67] ausführlich berichtet und es sei auf seine Arbeit verwiesen.

2. Nordufer.

Gegenüber der Mannigfaltigkeit der auftretenden Mineralien am Südufer des Davosersees sind die in der grünlichen Probe des Nordufers in 9 m Tiefe gefundenen Mineralien klein an Zahl: hauptsächlich beobachten wir *Serpentin* in den verschiedensten Ausbildungsweisen, *Augite:* zersetzten rhombischen und in Spalten unzersetzten monoklinen (Diallag, makroskopisch metallisch schillernd), etwas schon serpentinisierten *Olivin, Erz* (Magnetit und Chromit?), *Biotit.*

Dies ist auch der hauptsächlichste Mineralgehalt des von *Ball, Cadisch* [5] und *Studer* untersuchten Totalpserpentins, während aus dem flächenmäßig sehr kleinen kristallinen Vorkommen am Mittelgrat im Einzugsgebiet des Totalpbachs keine Mineralkomponenten vorgefunden wurden.

C. Porenvolumenbestimmung.

Wegen des schon auf Seite 7 erwähnten Moorgehalts der Proben des Südufers konnten auch hier nur die Proben des *Nordufers* untersucht werden.

Methode: In einem Meßzylinder wurden je nachdem 150—350 g des Materials zu 40—100 cm^3 Wasser gegeben und nach dem Einfüllen das Ganze noch zusammengestoßen. Obwohl der Bestimmungsweg nur ein sehr roher ist, wurden doch für die Untersuchung genügende und aus dem spezifischen Gewicht sogar befriedigende Ergebnisse gewonnen:

Tabelle 2

	Nordufer		
	1 m Tiefe	5 m Tiefe[1])	9 m Tiefe
Porenvolumen n	33	37	31
Raumgewicht .	1,66	1,5	1,74
Spez. Gewicht .	2,52	2,4	2,45

[1]) Ungenau, weil Luft in der feinen Probe blieb.

Das Mittel der Porenvolumen in 1 und 9 m Tiefe beträgt *32 %*. Da aber im ganzen Totalpdelta eine unbekannte Mischung (und sicher auch anders gelagertes Material) vorliegt, außerdem nicht alles kapillare Porenwasser bei einer Seeabsenkung aus dem Delta austritt, wurde nur mit einer spezifischen Wasserlieferung für den Grundwasserausfluß von rund *20 %* gerechnet, einen Wert, den auch *Koehne* [31] anführt.

IV. Das Grundwasser.

A. Allgemeines Auftreten und Erscheinungsformen.

In dem auffallend breiten und sanftgeneigten Davoser Hochtal fließt das Grundwasser in den durchlässigen Alluvionen vom Flüelabach her unter natürlichen Verhältnissen seinem Gefäll entsprechend landwasserabwärts über eine Felsunterlage, die an den steilen Seitenhängen bald anstehend getroffen wird, in der Mitte des Talbodens aber sicher 40—60 m unter dem Flüeladelta und der Davoserebene liegt. (Vgl. *Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges [44].)

Dieses Grundwasser tritt in verschiedenen Formen in Erscheinung: Bei Grabungen und Fundamentierungen am Gehänge, in Schächten und Bohrlöchern des Talgrundes finden wir seinen Wasserspiegel, im flachern und tiefer gelegenen Gelände bilden sich « Gumpen » (gleich Bänken des Grundwasserspiegels) und Aufstöße, aus denen ständig — oder nur zu bestimmten Zeiten — ein schwaches Gerinne oder ein Bach abfließt, ja zur Zeit der Hochwasser und Schneeschmelze kann in den Kellern der Häuser auf dem Flüeladelta der Grundwasserspiegel bis 0,3 m hoch ansteigen. Mit künstlicher Seeabsenkung werden auch am Nord- und Südufer des Davosersees Grundwasseraustritte (Aufstöße) beobachtet.

B. Einwirkende Faktoren.

Für lokale Grundwasserverhältnisse sind allgemein nicht nur die im Augenblick an Ort und Stelle herrschenden Bedingungen, sondern auch räumlich und zeitlich davon getrennte maßgebend, so daß die *Faktoren* für die festgestellten Auswirkungen in der *nähern und weitern Umgebung* zu suchen sein werden.

Wir führen außer der grundlegenden lokal-geologischen Situation nur folgende vorkommende *hauptsächliche Faktoren* mit ihrer Wirkung auf das Grundwasser an:

Niederschlag (der dem Grundwasser zukommende Teil aus Regen und Schneeschmelze) bedingt Zufluß,

offene Gewässer können grundwasserbildend wie -empfangend sein, sowohl ihr Wasserstand, als auch ihre Temperatur und ihr Chemismus wirken ein,

künstliche Abwasser wirken ähnlich wie die offenen natürlichen Gewässer ein,

Lufttemperatur und *Strahlung* haben indirekten Einfluß (Erwärmung oder Abkühlung von Wasser und Boden).

Dadurch daß gleichzeitig *immer mehrere Faktoren einwirken,* können sie sich in ihrer Wirkung auf das Grundwasser sowohl summieren als auch aufheben. Dabei können durch einen besonders stark einwirkenden Faktor andere Faktoren in ihrer Einwirkung verringert oder überdeckt werden und dadurch immer oder zeitweise unaufweisbar sein (z. B. Verdunstung aus dem Boden). Weil immer mehrere einwirkende Faktoren in einem Zeitpunkt vorhanden sind, können wir *nicht* von *Kausalzusammenhang* in dem Sinne sprechen, daß nur durch *einen Faktor allein* die Veränderung des Grundwasserspiegels bedingt ist. Hieraus ergibt sich *allgemein,* daß z. B. der Grundwasserstand an einem Punkte des Flüeladeltas nur unter Berücksichtigung *aller* Faktoren und *nicht nur eines einzigen* (etwa nur Niederschlag oder nur Seestand) betrachtet werden darf. Dazu befindet sich die Feststellung, daß zu *gewissen Zeiten ein* Faktor überwiegt, selbstverständlich nicht in Widerspruch.

C. Bereich der Untersuchungen.

Im Herbst 1931 wurden die Grundwasserbeobachtungsrohre (im nachfolgenden kurz immer Rohre genannt) 1—17 [5]) in die Alluvionen des Flüeladeltas und der Davoserebene eingetrieben. Die Rohre sind Gasrohre von 3″ Durchmesser, in ihrem untern Teil durchlocht und am Ende mit einer Spitze versehen, womit sie in den kiesigen Untergrund eingerammt wurden. Bei diesem Arbeitsvorgang ergaben sich keine Gesteinsproben, so daß erst mit Hilfe von zahlreichen Meßdaten indirekt auf die wahrscheinliche Gesteinsbeschaffenheit und lokale Eigentümlichkeit geschlossen werden konnte.

Aus dem Uebersichtsplan (Tafel 1) ist die Lage der Rohre ersichtlich: Die Rohre 1—12 liegen unregelmäßig über das Flüeladelta zerstreut, während die Rohre 13—17 der Richtung des Davoser Landwassers folgen.

Die Entfernung der Grundwasserrohre von Rohr 1 sind in Tabelle 3 und die Koten der Rohre, ihre Tiefe in den Alluvionen in Tabelle 4 angegeben.

Entfernung der Grundwasserrohre von Rohr 1 in m. Tabelle 3

Rohr Nr.	2	3	4	6	7	9	11	12	13	14	15	16	17
1	165	303	99	318	456	241	533	687	910	1275	1595	2153	2684

[5]) Die Rohre 5, 8 und 10 konnten nie für Messungen benutzt werden. Sie hatten entweder beim Eintreiben in das Delta gelitten, so daß der Grundwasserspiegel nicht gemessen werden konnte oder hatten ihn gar nicht erreicht. Rohr 2 hatte auch einen Riß od. dgl. erhalten; im Winter wurde es darum von Herrn *Fausch* nicht mit dem Schwimmer, sondern durch Anhängen des Thermometers gemessen.

Koten und Tiefen der Grundwasserbeobachtungsrohre 1—17 und der Schächte 1—3.

Tabelle 4

Rohr Nr.	Kote Terrain [1]	Kote Oberkante Rohr	Kote Rohrgrund
	m ü. M.	m ü. M.	m ü. M.
1	1563.703	1564 733	1558.683
2	1562.447	1563.487	1556.557
3	1562.872	1563.929	1557.739
4	1566.063	1567.143	1563.003
6	1564.837	1565.837	1559.907
7	1562.510	1563.492	1558.402
9	1570.162	1571.542	1566.092
11	1562.506	1563.706	1557.246
12	1559.842	1560.832	1554.832
13	1556.820	1557.845	1553.415
14	1551.543	1552.553	1548.233
15	1547.868	1548.851	1543.561
16	1542.480	1543.506	1538.306
17	1538.786	1539.742	1534.562
Schacht			
I	1561.92	—	1558.62
II	1562.65	—	1560.60
III	1562.01	—	1558 95

[1]) Alle Koten beziehen sich auf alten Horizont = 376.86 m ü M.

D. Meßmethoden.

1. Grundwasserstand.

Zur Messung des Grundwasserspiegels hatte die A.-G. Bündner Kraftwerke ein eigenes Schwimmgerät konstruiert (Figur 6): Der Schwimmer ist am Meßband angehängt, welches über zwei leicht drehbare Rollen geleitet und am freien Ende durch die Meßbandkapsel im Gleichgewicht gehalten wird. Das Meßband hat Zentimetereinteilung, die Millimeter werden abgeschätzt. Die Genauigkeit der Grundwasserstandsbeobachtungen ist vom möglichen Meßfehler bei der Beobachtung und von der Veränderung des Meßbandes während der Beobachtungszeit abhängig. Da dieser ± 3 mm beträgt und die beiden verwandten Meßbänder bei der Eichung zu Anfang und Ende ihres Gebrauchs einen gewissen Unterschied aufwiesen, sind die Beobachtungszahlen in den nachfolgenden Ausführungen meist auf 1 cm auf- oder abgerundet worden (Mittelwerte wurden aus den Millimeterangaben berechnet und kleinste Aenderungen mußten z. T. auch in Millimeter angegeben werden).

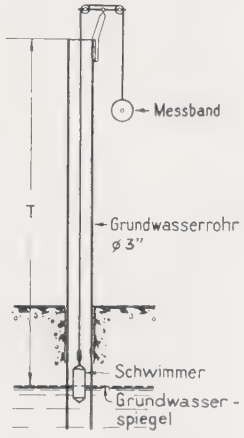


Fig. 6

Alle Beobachtungswerte wurden auf *alten Horizont* = 376.86 m ü. M. umgerechnet.

2. Stand der offenen Gewässer.

Die Wasserstände der offenen Gewässer (im weitern zum Unterschied von Grundwasser kurz als *Gewässer* bezeichnet) wurden entweder an Absticheisen mit dem Metermaß abgestochen oder direkt an Pegeln (bzw. Limnigraphenstreifen) abgelesen und ebenfalls auf alten Horizont umgerechnet.

3. Grundwassertemperatur.

Die Grundwassertemperaturen wurden mit einem Wasserthermometer mit $^1/_{10}$ ° C-Einteilung gemessen. Die Grundwassertemperaturen der ersten Beobachtungszeit sind mangels größerer Uebung stark von äußern Faktoren (Lufttemperatur, Wind) abhängig und daher noch ungenau, während bei den spätern Beobachtungen durch Auf- und Abbewegen des Wasserthermometers und längeres Eintauchen im Grundwasser des Rohrs bessere Werte gewonnen wurden.

Da aber auch die Wärmeleitung des eisernen Rohres noch eine gewisse Rolle spielt (von oben nach unten wie umgekehrt), kann die Genauigkeit der spätern Ablesungen mit etwa $^2/_{10}$° C angegeben werden.

Herr Dr. *Suchlandt* fand beim Vergleich des verwendeten Thermometers mit einem geeichten das erstere zwischen 0—9 ° C um 0,1 ° C zu hoch. Da aber öfters Messungen des Wassers im Flüelabach und Landwasser beim Gefrieren 0,0 ° C ergaben, wurde auf eine Korrektur der Beobachtungswerte verzichtet, besonders auch weil der mögliche Beobachtungsfehler größer als der Berichtigungswert gewesen wäre.

4. Gewässertemperatur.

Mit dem gleichen Thermometer wurden die Temperaturen der Gewässer gemessen. Hier gilt allgemein das oben bei der Messung der Grundwassertemperaturen Gesagte, nur daß die Gewässer einfach durch Hineinhalten des Thermometers in das Wasser gemessen wurden.

E. Vorliegendes Beobachtungsmaterial.

Mit den Messungen der Grundwasserstände und -temperaturen (sowie der Gewässerstände und -temperaturen) wurde Ende Oktober 1931 begonnen. An nicht regelmäßig aufeinanderfolgenden Tagen wurden die Rohre 1—17, soweit sie Grundwasser enthielten, bis zum 18. Juni 1932 beobachtet. Es erwies sich in der Folgezeit als nötig, regelmäßigere Messungen über mehr als einen Winter auszudehnen und so wurden — nachdem im Winter 1932/33 Beobachtungen über die Grundwasseraufstöße im Davosersee gesammelt worden waren — vom 6. März 1933 bis 29. Juni 1934 meist einmal wöchentlich Messungen an den Rohren 1—17 durchgeführt, wobei außer den Gewässerständen von Ende Mai 1933 der Spiegel und die Temperatur des Grundwassers in Schacht I bei Haus Buser in Davos-Dorf (siehe Uebersichts-

plan), von Anfang Juni in Rohr 3 und 7 und von Ende Juni 1933 in einem zweiten Schacht bei Haus Buser täglich (ausgenommen Sonntag) gemessen wurden.

Vom 22. Oktober 1934 bis 30. September 1935 wurden Grundwasserbeobachtungen bei Rohr 12 vorgenommen, zuerst werktags, dann wegen Kulturschaden in weitern zeitlichen Abständen. Während der Schneeschmelze und der Seeauffüllung vom 11. April 1935 bis zum 8. Juni 1935 wurden die Rohre 1, 2, 3, 7, 12 und 13 täglich (ausgenommen am Sonntag) einmal gemessen.

Für ein Rohr liegen für den Winter 1931/32 maximal 85 Einzelmessungen und für 1933/34 81 Einzelmessungen vor; für Rohr 13 wurden an 54 Tagen im Frühjahr 1935 Einzelmessungen ausgeführt.

Um den Zusammenhang zwischen den Gewässern und dem Grundwasser feststellen zu können, wurden die Beobachtungsergebnisse an folgenden Gewässerstellen mitbenutzt: Davosersee (im Sommer Limnigraph und im Winter Abstiche), Seewasser (Abschlußstelle mit Absticheisen und gußeiserner und schmiedeiserner Pegel), Flüelabach (Absticheisen bei Meßstelle I—IV), Landwasser (Absticheisen bei Rohr 12, bei Stelle « z » und Limnigraph « Arenno »).

Außerdem wurden zum Vergleich und zur Feststellung der Beziehung zum Grundwasser die meteorologischen Angaben über die Niederschlags- und Schneehöhen und die Lufttemperatur nach den Aufzeichnungen durch den Kurverein Davos-Platz, die Angaben des Ombrographen des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos-Platz, in Einzelfällen Temperaturregistrierstreifen von Davos-Dorf und -Platz benützt, die uns der Kurverein Davos, das Physikalisch-Meteorologische Observatorium und die Meteorologische Zentralanstalt bereitwilligst zur Verfügung stellten.

F. Der Gang des Grundwasserspiegels.

1. Änderung des Grundwasserstandes zwischen zwei Messungen.

Zuerst sollen die Aenderungen des Grundwasserstandes zwischen zwei Messungen innerhalb rund 24 Stunden (die Zeit beträgt 16—33 Stunden) betrachtet werden, um dadurch einen Einblick in die tägliche Aenderung des Grundwasserspiegels zu erhalten. Als Unterlagen wurden die Beobachtungen der Grundwasserstände in Rohr 3 und 7 und in Schacht I der Beobachtungsperiode 1933/34 und in den Rohren 1, 2, 3, 7, 12 und 13 zur Zeit der Schneeschmelze und der Seeauffüllung 1935 verwendet, weil nur in diesen Beobachtungsperioden an fast allen Tagen Grundwasserstandsmessungen für die genannten Rohre vorliegen. Die fehlenden Stände (meist vom Sonntag) wurden nach den zeitlich vorangehenden und folgenden Grundwasserständen, dem Witterungsverlauf und dem Wasserstand der Gewässer interpoliert.

Da auf eine Wiedergabe des umfangreichen Zahlenmaterials (Unterlagen und Berechnungen) an dieser Stelle verzichtet werden muß, wurde in Figur 7 die prozentische Verteilung der Aenderungen zwischen zwei Messungen für die Rohre 3 und 7 (im Zeitraume 1. Juli bis 30. November 1933) und für die Rohre 12 und 13 (vom 10. bzw. 13. April bis 8. Juni 1935) als *Dauerlinie* dargestellt, und in Fig. 17, S. 29

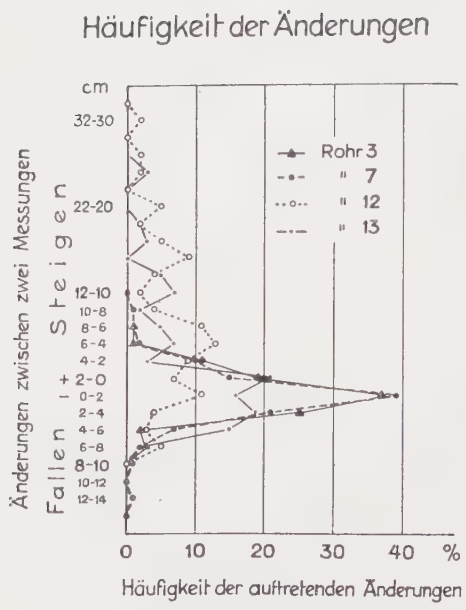


Fig. 7

die Höhen der Aenderungen zwischen zwei Messungen für die Rohre 3 und 7 aufgetragen, aus deren großen Aehnlichkeit ist der verwandte Gang der beiden Rohre schön ersichtlich.

Wie auch der gesamte Grundwassergang in Tafel 3, Fig. b zeigt, fällt die Sommer- und Herbstbeobachtungsperiode 1933 der Rohre 3 und 7 in eine Zeit mit vorwiegendem *Fallen* des Grundwassers, was in Figur 7 durch ein Maximum von 37 und 39 % bei einem *Abstieg von 0,2 cm* gekennzeichnet ist. Anders ist es in der Schneeschmelz- und Seeanstiegsperiode 1935: für Rohr 12 ist es gut, für Rohr 13 nicht sofort ersichtlich, daß wir es mit einer Zeit vorwiegenden *Anstieges* des Grundwassers zu tun haben (vgl. Fig. 27, S. 52).

Haben wir im Sommer und Herbst 1933 für die Rohre 3 und 7 allgemein eine ähnliche Dauerlinie, so ist im Frühjahr 1935 mehr eine Verschiedenheit der Dauerlinie für die benachbarten Rohre 12 und 13 festzustellen. Die lokal ungleich zur Auswirkung kommende Schneeschmelze und der größere Abstand des Rohres 13 vom Davosersee (gegenüber Rohr 12) bedingen u. a. diese Verschiedenheit. Die Dauerlinien in Figur 7 zeigen somit die Aehnlichkeit der Aenderung des Grundwasserstandes zweier benachbarter Rohre (3 und 7) zu einer gewissen Jahreszeit und die Verschiedenheit dieser Aenderung bei zwei andern Rohren (12 und 13) zu einer andern Jahreszeit.

Die maximalen, minimalen und mittlern monatlich vorkommenden Aenderungswerte zwischen zwei Messungen (innerhalb rd. 24 Stunden) wurden in Tabelle 5 für die Beobachtungszeit Juni 1933 bis Januar 1934 und in Tabelle 6 für die von April bis Juni 1935 zusammengestellt.

Die Aenderungen des Grundwassers sind in den eigentlichen Sommer- und Herbstmonaten relativ wenig verschieden, dafür um so mehr zu Zeiten der Schneeschmelze, der Seeabsenkung, der Seeauffüllung und bei Hochwasser der Gewässer.

Ob der *größte* vom 31. Mai zum 1. Juni 1935 beobachtete *Grundwasseranstieg in Rohr 1* mit 0,90 m auch wirklich im Grundwasser diesen Betrag erreichte oder ob hier ein unbekannter Einfluß im oder um das Beobachtungsrohr vorlag, konnte nicht abgeklärt werden. Der in Rohr 1 und 2 beobachtete Anstiegswert mit 0,58 und 0,56 m stellt aber schon einen ansehnlichen Betrag für die mögliche Grundwasserspiegeländerung zwischen zwei — einen Tag auseinanderliegenden — Messungen dar.

In Tabelle 7 wurden zum Vergleich für drei Jahre die Werte für den maximalen Anstieg in Rohr 3 und 7 zusammengestellt: die Einzelwerte der Jahre 1933 bis 1935 sind verschieden und zwischen den Einzeljahreswerten der Rohre 3 und 7 besteht nur eine gewisse Aehnlichkeit. Hieraus geht die Kompliziertheit der Ver-

Verlauf des Grundwassers in den Rohren 1—17, der Wasserstände des Davosersees, des Landwassers und des Flüelabaches. Lufttemperatur und Niederschlag. November 1931 bis Juni 1932 und März 1933 bis Juni 1934.

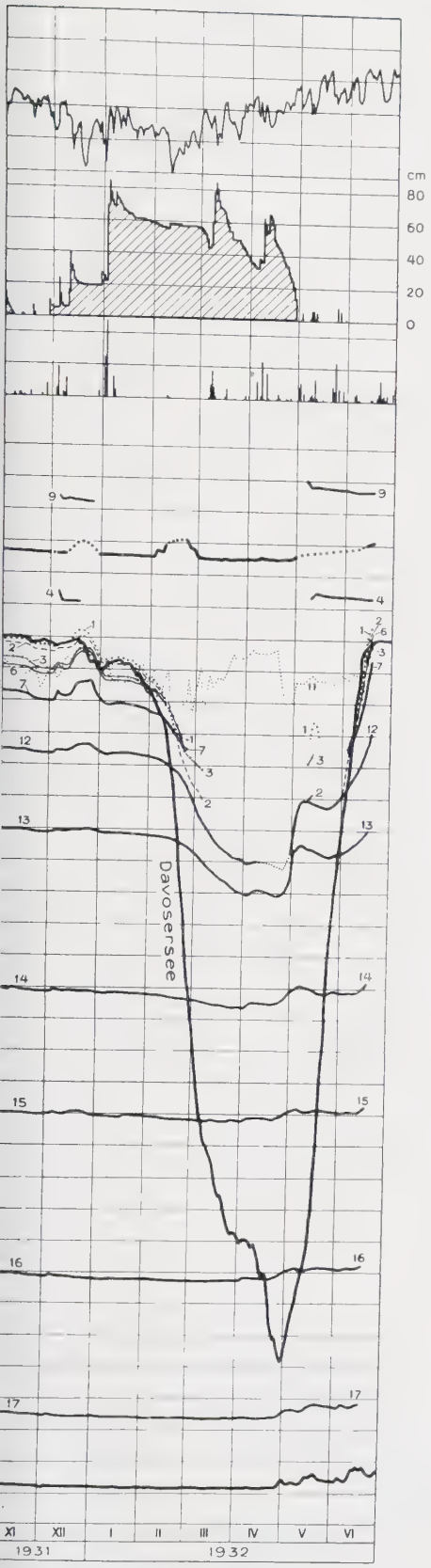


Fig. a

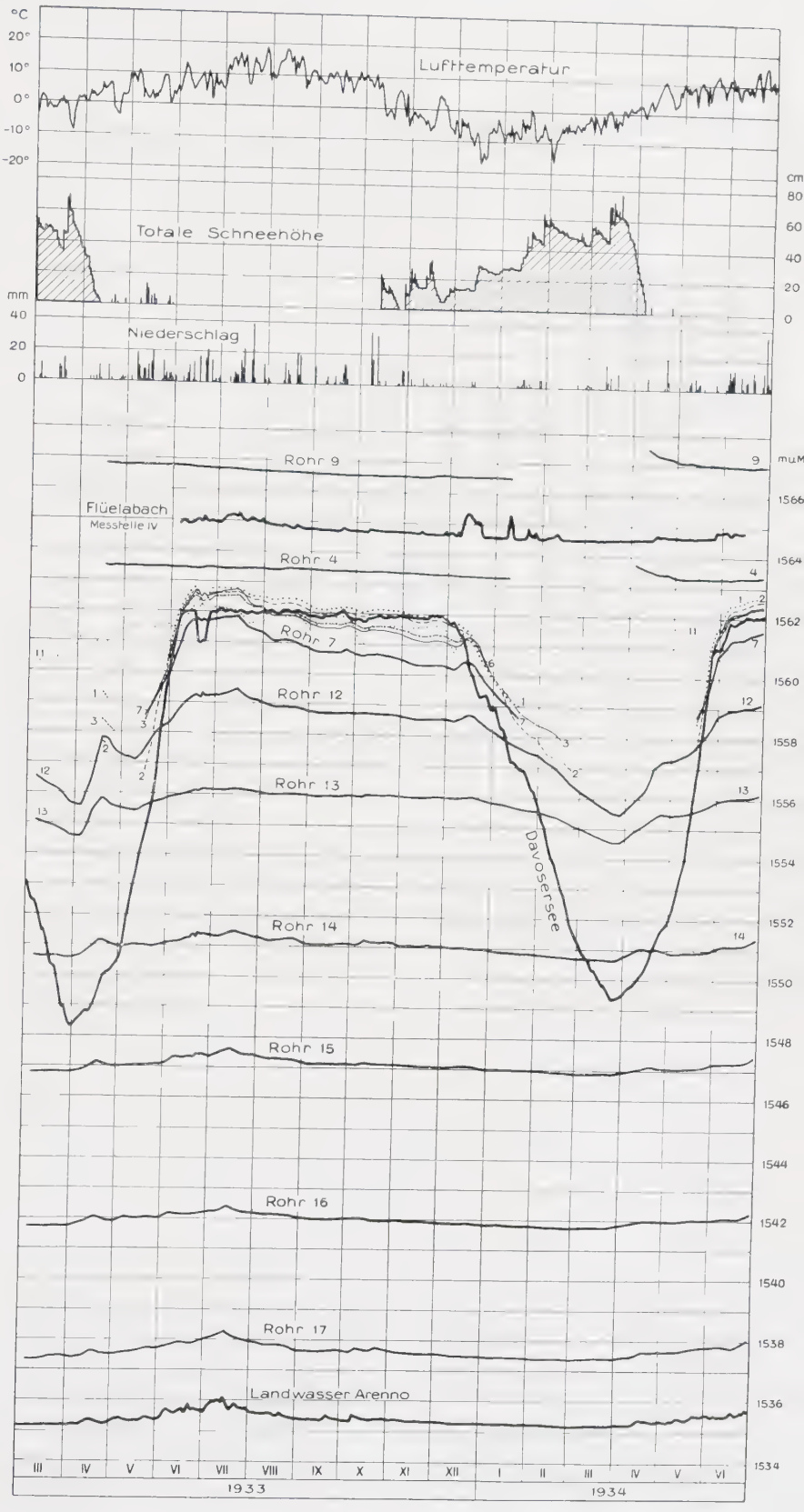


Fig. b

Aenderung zwischen zwei Messungen: Maximum und Mittel im Anstieg und Abfall in mm.

Tabelle 5

	1933																1934			
	Juni				Juli				August				September				Oktober				November				Dezember				Januar			
	Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall	
	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag
See																																
Maximum	—	—	—	—	60	15. 16.	75	5. 6.[1]	68	11. / 12.	60	7. 8.	76	21. 22.	*114*	23. / 24.	**90**	8. / 9.	35	13. / 14. 20. / 21.	45	18. 19. 19. / 20.	53	6. 7.	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	—		—		28,5		27,6		**45,4**		26,4		28,3		*31,5*		29,5		20,2		21,2		27,0		—		—		—		—	
mittlere Schwankung	—				28,0				32,5				28,0				22,5				23,2				—				—			
Flüelabach IV																																
Maximum	155	21. / 22.	108	2) 22. / 23.	129	14. 15.	91	15. 16.	51	21. / 22	52	22. / 23.	53	20. / 21.	17	25. 26.	106	8. / 9.	27	9. / 10.	78	27. / 28.	111	29. / 30.	278	1. / 2.	*367*	22. / 23.	**457**	9. / 10.	311	12. / 13
Mittel	40,25		33,0		45,2		36,5		24,3		13,8		15,4		7,3		18,6		8,0		33,4		10,3		117,6		*75,0*		**212,2**		62,3	
mittlere Schwankung	36,6				40,4				15,9				9,5				9,9				13,8				85,3				83,3			
Rohr 3																																
Maximum	**319**	5. / 6.	98	18. / 19.	72	15. / 16.	78	17. / 18.	40	13. / 14.	63	2. / 3.	53	21. / 22.	29	25. / 26.	91	9. 10.	37	30. / 31.	56	19. / 20.	36	27. / 28.	120	12. 13.	*205*	22. / 23.			99	5. 6.
Mittel	**105,6**		42,1		23,8		36,1		18,6		23,8		19,8		13,0		21,6		22,7		20,0		15,8		72,6		*62,9*		—		50,8	
mittlere Schwankung	90,8				31,0				22,5				15,0				22,3				16,8				64,4				50,8			
Rohr 7																																
Maximum	**339**	6. / 7.	53	18. / 19.	72	14. 15.	139	16. 17.	37	13. / 14. 21. / 22.	76	2. 3.	52	21. 22.	26	4. / 5. 29. / 30.	97	9. 10.	48	2. / 3. 29. / 30.	23	23. / 24.	30	3. / 4.	126	12. / 13.	*190*	12. / 13.	—	—	—	—
Mittel	**87,4**		34,3		36,5		41,2		23,7		25,8		20,5		12,6		22,2		25,4		13,0		13,3		75,9		*55,1*		—		—	
mittlere Schwankung	75,0				38,2				25,4				14,3				23,4				13,3				59,8				—			
Schacht I																																
Maximum	**311**	6. / 7.	66	18. / 19.	66	15. 16.	90	16. / 17.	49	12. / 13.	77	2. 3.	46	21. / 22.	23	29. 30	93	9. / 10.	70	2. 3.	35	19. 20.	30	27. 28.	133	12. 13.	*192*	22. 23.				
Mittel	91,3		30,9		31,1		33,3		28,1		26,8		21,0		12,8		23,2		29,4		14,4		14,1		**93,4**		*59,2*					
mittlere Schwankung	75,2				31,5				27,1				14,5				27,0				14.2				60.9							

[1]) Nur für 26 Tage.
[2]) Nur für 24 Tage.

Aenderung zwischen zwei Messungen: Maximum und Minimum.

Tabelle 6

Rohr		1935											
		April				Mai				Juni			
		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall		Anstieg		Abfall	
		mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag
1	Max.	—	—	—	—	225	22./23.	157	16./17.	(905)	31./1.	—	—
										579	3./4.	—	—
	Min.	—	—	—	—	4	9./10.	5	20./21.	45	7./8.	—	—
2	Max.	—	—	—	—	408	5./6.	60	20./21.	563	3./4.	—	—
	Min.	—	—	—	—	0	22./23.			110	7./8.	—	—
3	Max.	—	—	—	—	400	15./16.	58	10./11.	454	3./4.	—	—
	Min.	—	—	—	—	4	21./22.	10	19./20.	124	7./8.	—	—
7	Max.	—	—	—	—	209	13./14.	78	18./19.	377	3./4.	—	—
	Min.	—	—	—	—	5	22./23.	13	16./17.	117	7./8.	—	—
12	Max.	254	29./30.	42	17./18.	303	5./6.	80	18./19.	193	5./6.	—	—
	Min.	6	15./16.	4	18./19. / 19./20.	0	14./15.			36	7./8.	—	—
13	Max.	254	12./13. / 29./30.	52	17./18.	164	5./6.	46	2./3.	77	5./6.	6	6./7.
	Min	2	13./14.	12	14./15.	1	28./29.	3	8./9.	8	7./8.		

hältnisse, sobald auf den Grundwasserstand in verschiedener Lage und Entfernung mehrere Faktoren einwirken, deutlich hervor.

Für die Beobachtung der Wasserstände des Winters 1933/34 wurden die Aenderungen des Wasserspiegels von einer Messung zur folgenden im positiven oder

Maximaler gemessener Anstieg in Rohr 3 und 7 zwischen zwei Messungen für die Jahre 1933—1935.

Tabelle 7

Rohr	Juni 1933		Mai 1934		Juni 1935	
	mm	Tag	mm	Tag	mm	Tag
3	319 [1])	5./6.	285	27./28.	554	3./4.
7	339	6./7.	260	27./28.	377	3./4.

[1]) Interpoliert.

negativen Sinne aufgetragen und dann die Einzelpunkte durch einen Linienzug verbunden (Fig. 8 u. 9). Diese Darstellung erlaubt den Gesamtverlauf der Grundwasserspiegeländerungen zwischen je zwei Messungen — unabhängig vom absoluten Stand — zu verfolgen, in dem nicht nur der Wechsel von Steigen und Fallen sichtbar wird, sondern sich z. B. auch nach einem stärkern Grundwasserfallen ein leichtes Steigen im Linienverlauf gleich auswirkt, wie ein weiteres schwaches Fallen.

Die in den Linienzügen so auffallend zum Ausdruck kommende Gemeinsamkeit der Grundwasserspiegeländerung zwischen zwei Messungen veranschaulicht die

innere Zusammengehörigkeit der gesamten Grundwasserbewegung und weist auf eine sehr gute Durchlässigkeit der grundwasserführenden Schichten hin.

Die Figuren 8 und 9 zeigen besser als viele Worte, welche Aenderungen und in welchem Sinne solche vorkommen, wie z. B. die Aenderungen in den Rohren 1—7 oder 14—17 fast gleichsinnig verlaufen, wie die Rohre 12 und 13 gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen Rohr 7 und 14 einnehmen (vgl. auch die Lage!), wie aber auch besonders bei Rohr 11 sehr große und bei den Rohren 4 und 9 sehr kleine Aenderungen zwischen zwei Messungen eintreten.

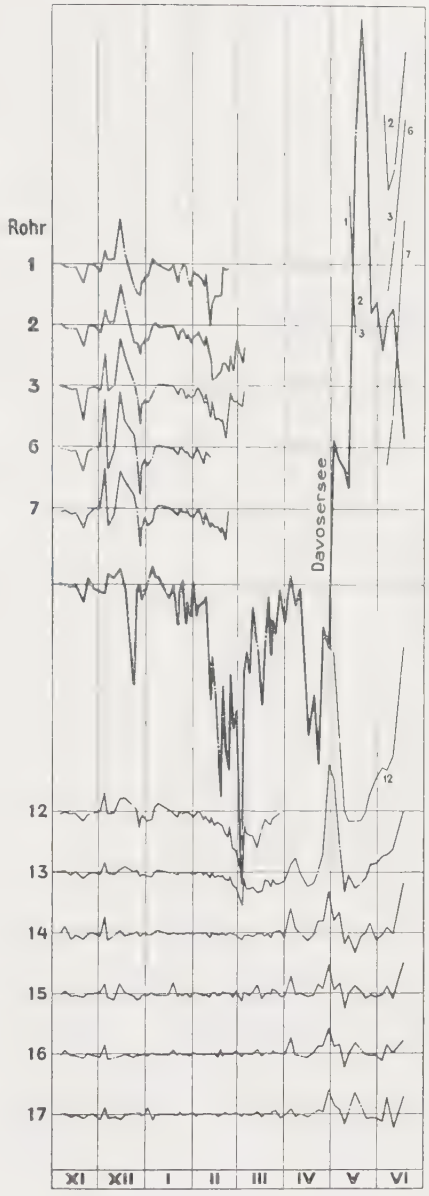


Fig. 8

Schwankungen des Grundwasserstandes in den Rohren 1—7 und 12—17 und des Davosersees von Messung zu Messung, November 1931 bis Juni 1932.

2. Ganglinien der Monatsmittel der Grundwasserstände 1933/34.

Es wurde die Frage der Monatsmittelbildung geprüft, um ein Maß für die Genauigkeit der später berechneten Monatsmittel zu erhalten.

Für die Rohre 3 und 7 wurden im Zeitraum Juni bis Dezember 1933 die Ergebnisse der Monatsmittelbildung und ihre Unterschiede bei

a) Mittelbildung aus täglich gemessenen (für Sonntag interpolierten) Grundwasserständen und

b) Mittelbildung aus 4- bis 5mal monatlich gemessenen Grundwasserständen

verglichen. Bei Schneeschmelze, Eisbildung in den Gewässern, Seeauffüllung oder Absenkung ergeben sich je nach der Art der Mittelbildung für die Monatsmittel der Grundwasserstände größere Unterschiede (z. B. für Rohr 3 im Juni 1933: 0,14 m), während in Monaten ohne solche Vorkommnisse der *mögliche Fehler* für die aus den 4- bis 5mal monatlich gemessenen Ständen berechneten *Monatsmittel* gegenüber den aus den täglichen Messungen berechneten $\pm$ *0,04 m* beträgt.

Mit einem Fehler der angegebenen Größenordnung ist für die Monatsmittelbildung der Tabelle 8 zu rechnen, da diese Werte aus 4- bis 5maliger Messung erhalten wurden. In Figur 10 wurden für die Beobachtungsperiode 1933/34 diese

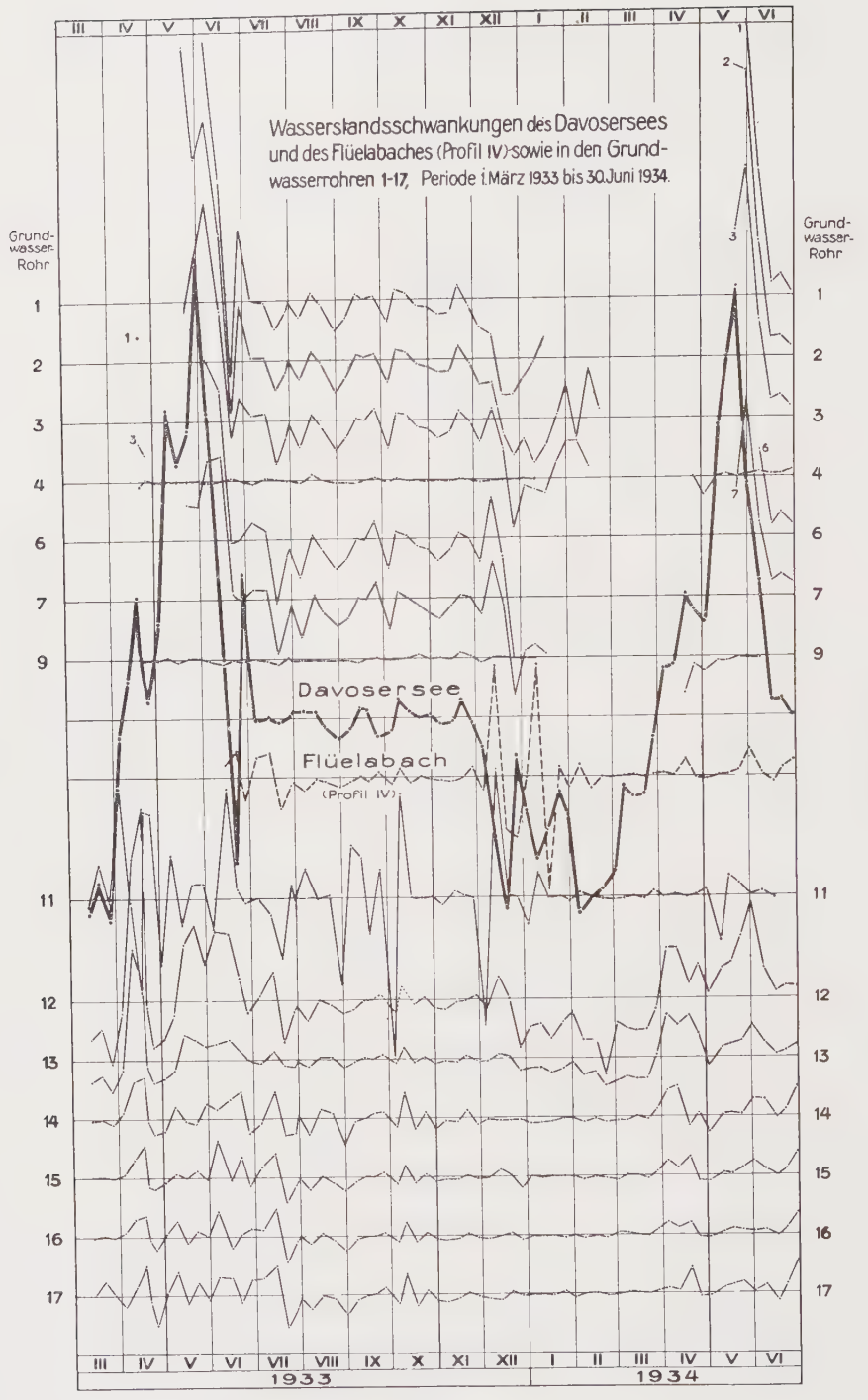


Fig. 9

Wasserstandsschwankungen des Davosersees, des Flüelabaches und des Grundwassers in den Rohren 1—17, Periode März 1933 bis Juni 1934.

Monatsmittelwerte der Grundwasser-, See- und Flüelabachstände (FB) [1] [2], des Niederschlages (N) in mm und der Lufttemperatur (Lt) in °C, 1933/34.

Tabelle 8

	1933										1934					
	März	April	Mai	Juni [2]	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
FB IV	—	—	—	64,97	65,07	64,84	64,74	64,73	64,68	64,86	64,66	64,57	64,52	64,60	64,65	—
See	50,68	49,36	54,81	61,78 (55)	62,00	62,02	61,90	61,86	61,90	60,37	57,29	53,39	50,06	50,61	56,40	61,82
1	—	—	—	62,56 −1,14 [3]	62,64 −1,06	62,36 −1,34	62,14 −1,56	62,09 −1,61	61,95 −1,75	61,10 −2,60	59,12 −4,58	—	—	—	—	62,55 −1,15
2	—	—	—	62,41 −0,03	62,54 +0,09 [4]	62,23 −0,22	61,99 −0,46	61,94 −0,51	61,78 −0,66	61,07 −1,38	58,65 −3,80	57,19 −5,25	—	—	—	62,41 −0,04
3	—	—	—	62,28 −0,59	62,37 −0,50	61,91 −0,96	61,65 −1,22	61,54 −1,33	61,31 −1,56	60,91 −1,96	59,00 −3,87	57,92 −4,95	—	—	—	62,20 −0,67
4	—	—	63,47	63,46 −2,60	63,45 −2,61	63,45 −2,62	63,40 −2,66	63,37 −2,69	63,33 −2,73	63,28 −2,78	—	—	—	—	63,30 −2,77	63,32 −2,74
6	—	—	—	62,35 −2,49	62,48 −2,36	61,82 −3,02	61,52 −3,31	61,41 −3,42	61,13 −3,71	60,89 −3,94	—	—	—	—	—	62,25 −2,59
7	—	—	—	61,49 −1,02	61,64 −0,87	61,02 −1,49	60,73 −1,77	60,61 −1,90	60,33 −2,18	60,19 −2,32	58,77 −3,74	—	—	—	—	61,38 −1,13
9	—	—	66,80	66,75 −3,41	66,69 −3,47	66,63 −3,53	66,57 −3,59	66,55 −3,61	66,56 −3,60	66,54 −3,62	—	—	—	—	67,06 −3,10	66,98 −3,18
11	60,42	61,19	61,47	61,97 −0,53	61,89 −0,61	61,81 −0,69	61,92 −0,58	61,47 −1,03	61,60 −0,90	61,41 −1,09	61,58 −0,92	61,62 −0,89	61,59 −0,92	61,62 −0,89	61,54 −0,96	—
12	56,14	57,05	57,63	59,14 −0,70	59,26 −0,58	58,88 −0,96	58,72 −1,12	58,69 −1,15	58,56 −1,28	58,53 −1,31	57,75 −2,09	56,78 −3,06	55,78 −4,07	56,54 −3,30	57,87 −1,97	59,04 −0,80
13	54,90	55,43	55,62	56,09 −0,73	56,13 −0,69	56,02 −0,80	55,98 −0,84	56,01 −0,81	55,97 −0,83	55,94 −0,87	55,67 −1,15	55,30 −1,52	54,73 −2,09	55,20 −1,62	55,64 −1,18	56,07 −0,75
14	50,63	50,98	51,01	51,30 −0,24	51,37 −0,17	51,19 −0,35	51,08 −0,46	51,15 −0,40	51,07 −0,48	50,99 −0,55	50,85 −0,69	50,75 −0,79	50,66 −0,88	50,97 −0,57	50,93 −0,62	51,19 −0,35
15	46,82	47,03	47,05	47,37 −0,50	47,48 −0,38	47,26 −0,61	47,14 −0,73	47,14 −0,73	47,07 −0,80	47,05 −0,81	46,98 −0,89	46,92 −0,95	46,86 −1,01	47,04 −0,82	47,09 −0,78	47,28 −0,59
16	41,73	41,92	42,00	42,15 −0,33	42,26 −0,22	42,10 −0,38	41,98 −0,50	41,98 −0,50	41,91 −0,56	41,87 −0,61	41,82 −0,66	41,76 −0,72	41,77 −0,71	41,94 −0,54	41,98 −0,50	42,09 −0,39
17	37,40	37,51	37,64	37,88 −0,90	38,09 −0,70	37,78 −1,00	37,63 −1,16	37,65 −1,13	37,55 −1,24	37,47 −1,32	37,42 −1,36	37,39 −1,40	37,38 −1,41	37,52 −1,26	37,67 −1,11	37,85 −0,93
N	53,8	42,1	135,4	116,9	149,1	82,8	72,6	108,2	41,8	15,5	42,2	10,3	51,2	39,8	45,6	171,3
Lt	—0,9	2,9	5,4	8,1	13,2	12,7	9,2	3,6	—2,1	—8,3	—6,25	—5,7	—1,1	5,3	9,4	10,5

[1] Ueber 1500 m (alter Niv.-Horizont 376.86). [2] Werte vom 22. Juni 1933 interpoliert als ob keine künstliche Seeabsenkung und Einwirkung auf die Rohre 1—6.
[3] Grundwasserstand zur Erdoberfläche. [4] Positiv.

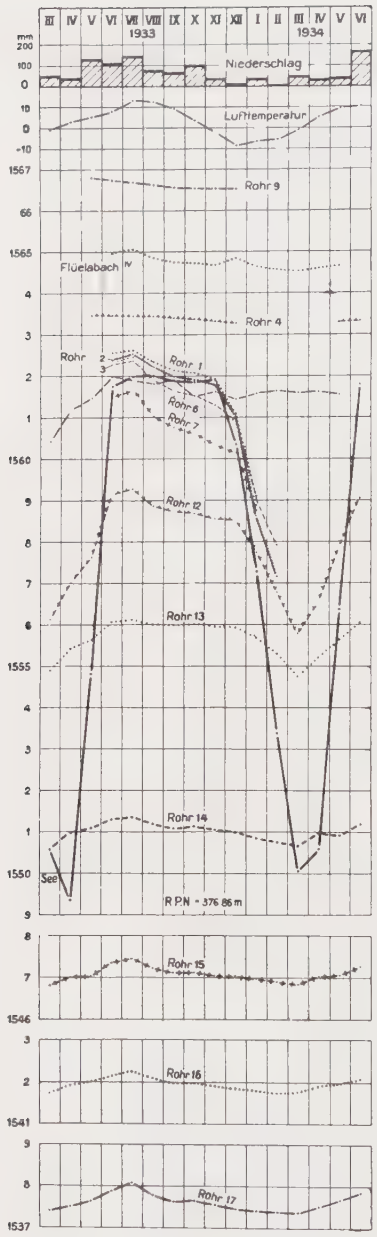


Fig. 10

Monatsmittel der Wasserstände des Flüelabachs, Davosersees und Grundwassers in den Rohren 1 bis 17. Niederschlag und Lufttemperatur Davos-Platz. März 1933 bis Juni 1934.

Monatsmittel der Grundwasserstände in ihrer absoluten Höhe (alter Horizont) aufgetragen und die einzelnen Werte durch eine Linie verbunden. (Diese Art der Darstellung wurde zur bessern Veranschaulichung des Ganges statt einer gestaffelten Monatsmittellinie gewählt.) Aus Figur 10 ist neben dem allgemeinen Grundwassergang der Rohre 1 bis 17 zum Vergleich auch der Gang des Davosersees, des Flüelabachs, des Niederschlags und der Lufttemperatur zu entnehmen.

Im Juli 1933 wird das Monatsmaximum der Grundwasserstände für alle Rohre gleichzeitig mit der höchsten Lufttemperatur und dem höchsten Stand des Flüelabachs und Landwassers erreicht. Das Minimum der Grundwasserstände tritt meist wie 1933/34 im März ein. Dazwischen sinkt jeweils zwischen Maximum und Minimum der Monatsmittelwert langsam in allen Rohren, bis etwa im Dezember 1933, um dann allgemein mit der Seeabsenkung in den Rohren 1—13 rasch bis zum Minimum zu fallen, während er in den seeferneren Rohren 14—15 schwächer und in den Rohren 16 bis 17 gleichmäßig weitersinkt.

G. Beziehung der Gewässer zum Grundwasser.

1. Möglichkeiten und auftretende Fälle der Beziehung.

In den Gewässern (Bäche, Flüsse und Seen) können durchlässige Stellen mit undurchlässigen abwechseln. An den durchlässigen Stellen, die sowohl in den Uferböschungen wie in der Sohle liegen können, besteht dann eine Beziehung zwischen dem Gewässer und dem Grundwasser, indem Wasser vom einen zum andern fließt. Je nach Wasserstand und Jahreszeit kann sich auch die Fließrichtung zwischen beiden ändern.

Nur nach *einer Richtung* gibt z. B. der *Flüelabach* zwischen den Meßstellen I—III immer Bachwasser ins Grundwasser ab (vgl. *Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges). Nach Messungen im Winter 1931/32 betrugen die *Verluste* im Mittel für diese Strecke bei normaler Wasserführung *65 l/sec,* während sie bei Eisbildung oder Hochwasser und damit verbundenen Ueberflutungen der Wuhrkrone ein Mehrfaches betragen können. (Vgl. Verluststellen im Ueber-

sichtsplan Tafel 1). Die größten Verluste liegen zwischen Meßstelle I und II (im Mittel des Winters 1931/32 49 l/sec) und die größten sichtbaren Versickerungsstellen bei Meßstelle II (in einem Loch der Sohle verschwanden sogar kleine Holzstückchen). Wir können daher feststellen, daß die meisten Verluste in der obern kanalisierten Strecke des Flüelabachs eintreten; wir möchten weiter annehmen, daß auf der *gepflasterten* Strecke bei einem mittlern Gefäll von 23 ‰ die Abdichtung des Bachbettes eine schlechte ist, während z. B. auf der Strecke von Meßstelle III—IV mit *natürlicher Sohle* bei einem mittlern Gefäll von 17 ‰ auch eine natürliche Abdichtung der Sohle vorliegt (im Winter 1931/32 wurden keine Verluste auf dieser Strecke bestimmt).

Bis zum Dischmabach gibt auch das Landwasser lediglich in einer Richtung Wasser ins Grundwasser ab (vgl. Uebertrittsstellen bei Hochwasser, Tafel 1), während unterhalb des Dischmabachs bis Arenno die Verhältnisse komplizierter liegen.

Dagegen tritt in einem Teil des Mühlehofkanals und in die links- und rechtsufrigen Gräben Gadenstatt unauffällig Wasser vom Grundwasser ins Gewässer über.

Je nach Wasserstand und hauptsächlich nach der Jahreszeit wechselt die Fließrichtung vom Grundwasser zum Gewässer mit der vom Gewässer zum Grundwasser z. B. am Davosersee und Seewasser. Das Grundwasser kann zu einer bestimmten Zeit an einer Stelle das Wasser des Davosersees vermehren, zu einer andern aber an der gleichen Stelle vom Wasser des Sees gespiesen werden, und zur gleichen Zeit können beide Vorgänge nur an verschiedenen Stellen des Davosersees vorkommen.

Schon aus dem Gesagten ersehen wir, daß sich im Untersuchungsgebiet der Davoser Landschaft Beispiele für eine ganze Reihe von möglichen Beziehungen zwischen Gewässern und Grundwasser finden lassen.

Längere Strecken der Gewässer, z. B. im Flüelabach und Landwasser, die dauernd ganz undurchlässig sind, konnten bei unsern Untersuchungen nicht ermittelt werden. Dagegen gibt es aber sicher solche Strecken, in denen zeitweise oder immer eine *Beziehung* zwischen Gewässer und Grundwasser in der Art besteht, daß Verlustwasser aus dem Gewässer bis zum tiefergelegenen Grundwasserspiegel absickert, *ohne* daß dabei ein hydraulischer Zusammenhang hergestellt wird.

Besteht in der Landschaft Davos ein *hydraulischer Zusammenhang* zwischen einem Gewässer und dem Grundwasser, schließt sich also der Grundwasserspiegel an den des Gewässers an, so können wir schematisch folgende *sechs Fälle* unterscheiden:

I. Es besteht ein *direkter Zusammenhang* zwischen Gewässer und Grundwasser (die Fließrichtung des Grundwassers fällt mit der Bildebene in Figur 11 zusammen).

1. *Steigen des Gewässers:*

a) Durch Erhöhung des Wasserstandes im Gewässer steigt der Wasserdruck in den durchlässigen Alluvionen, wodurch das höhergelegene Grundwasser gestaut wird (Figur 11, Fall 1a), durch Gefällsverminderung etwas langsamer abfließt und mit geringer Verzögerung und Abschwächung (gegenüber dem Gewässer) erhöht wird.

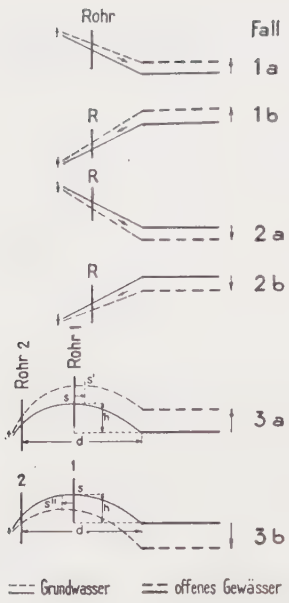


Fig. 11

Bei sehr rascher Hebung des Gewässerspiegels kann dabei selbst Wasser aus dem Gewässer ins Grundwasser übertreten.

b) Liegt wie im Fall 1b (Fig. 11) der Grundwasserspiegel tiefer als das Gewässer, so wird er ebenfalls durch Steigen des Gewässer-Wasserspiegels erhöht, das Grundwasser fließt aber dann infolge Gefällserhöhung etwas rascher ab.

2. *Fallen des Gewässers:*

a) Durch Fallen des Gewässerspiegels sinkt der Wasserdruck in den durchlässigen Alluvionen und dadurch fällt auch der höhergelegene Grundwasserspiegel bei gleichzeitiger Gefällserhöhung und etwas vermehrtem Grundwasserabfluß (Fig. 11, Fall 2a).

b) Durch Erniedrigung des Gewässerstandes sinkt im tiefergelegenen Grundwasser der Wasserspiegel und die Grundwasserführung wird etwas vermindert (Fig. 11, Fall 2b).

II. Der *Zusammenhang* zwischen Gewässer und Grundwasser ist ein *indirekter* (die Fließrichtung des Grundwassers in Fig. 11 ist senkrecht zur Bildebene).

3a) Durch ein Steigen des Wasserspiegels des Gewässers wird der Wasserdruck erhöht und dadurch nimmt der Grundwasserspiegel sowohl in Rohr 1 als auch in Rohr 2 abgeschwächt zu; außerdem findet eine Verschiebung der Grundwasserscheide von S nach S' in Richtung auf das erhöhte Gewässer statt (Fig. 11).

3b) Durch Fallen des Gewässerspiegels wird das Grundwasser in Rohr 1 und 2 wiederum abgeschwächt gesenkt; die Grundwasserscheide S verschiebt sich nach S'', d. h. vom abgesenkten Gewässer weg, wodurch das Einzugsgebiet des Gewässers unterirdisch vergrößert wird (Fig. 11).

Diese Einwirkung eines Gewässers auf das Grundwasser hängt wesentlich von der Entfernung d des Rohres 2 vom Gewässer, der Höhe h des Grundwasserscheitels S bei Rohr 1 und der Dauer der Absenkung ab; sie ist meist nur bei *größern* Veränderungen des Gewässerspiegels erkennbar.

Bei dauernder starker Absenkung des Gewässers kann der Fall 3b im Extrem zu Fall 2a werden, bei einer gleichzeitigen Aenderung der Grundwasserfließrichtung um 90 °.

Es ließe sich eine große Zahl von Beispielen für die Fälle 1a—3b nennen; wir beschränken uns hier auf einige Hinweise:

Zwischen dem Wasserspiegel des Davosersees und dem des Grundwassers in Rohr 2, zwischen dem des Landwassers und dem in Rohr 17 treten häufig die Fälle 1a und 2a auf, seltener und weniger deutlich sind zwischen Davosersee und Grundwasser in Rohr 2 die Fälle 1b und 2b; zwischen dem Wasserspiegel des Davosersees und dem Grundwasser in Rohr 3 und 7 können die Fälle 3a und 3b gefunden werden (vgl. Fig. 34, S. 62).

In den folgenden Abschnitten wollen wir im einzelnen die *Beziehungen zwischen Grundwasser und Gewässer, unter möglichster Ausschaltung anderer Faktoren* betrachten, um so allmählich über die Einzelbeziehungen hinaus ein Bild der gesamten, zusammenhängenden Grundwasserverhältnisse zu erhalten.

2. Grundwasseraustritte am Nordufer des Davosersees.

Am Nordufer des Davosersees wurde 1923 durch den gewaltigen Ufereinbruch « Ob dem See » ein großer Anschnitt des Totalpdeltas erzeugt. Das Totalpdelta war schon natürlich steiler als das Flüeladelta und wurde es durch den Ufereinsturz

Fig. 12
Grundwasseraustritte am Nordrand des Davosersees, September 1935.

noch mehr, so daß heute z. B. die 1570-m-Linie nur 40—90 m vom Seerand entfernt verläuft, während sie im Flüeladelta 310—370 m entfernt ist.

Vor dem Ufereinbruch befand sich die Hellstabquelle am Nordufer des Sees, sie soll etwa 2 l/sec geliefert haben, während heute zwischen Totalpbachmündung und Höhwald aus den Sanden und Kiesen des 3—6 m hohen, steilen Nordufers überall Grundwasser austritt. Oft sind auf längere Strecken direkt über dem Seespiegel bis in wechselnde Höhe feucht-nasse grünschwarze Serpentinsand- und -kiesablagerungen zu sehen, wobei die Farbunterschiede der feuchten gegenüber den graugrünlichen trockenen Stellen auffallend sind (Fig. 13). Oefters sind über feinsandigen Schichten die Wasseraustritte stärker und besser sichtbar; diese und andere auch durch stärkere Wasseraustritte hervortretenden Stellen wurden im Uebersichtsbild mit den Nummern 1—15 bezeichnet (Fig. 12). Die Figuren 13—15

zeigen weitere Einzelheiten dieser Grundwasseraustritte. Kleine Uferabbrüche durch Grundwasseraustritte sind an dem steilen Nordufer relativ häufig. An einer einzigen Stelle waren auch durch Eisenhydroxydablagerungen die Gesteine ockerfarbig geworden.

Die aus dem Totalpdelta austretenden Wassermengen sind sehr schwer abzuschätzen; wir halten sie für recht hoch, denn selbst im Sommer bleiben die durch die Sonne direkt beschienenen Wände feucht. Sicher tritt aber auch Grundwasser unter dem Seespiegel auf, eventuell dürften Gasblasen in Ufernähe bei der Totalpbachmündung darauf hinweisen. Im Winter bei künstlicher Seeabsenkung sind solche Grundwasseraustritte unter dem Seespiegel durch die beobachteten Grundwasseraufstöße im See sichergestellt (Grundwassermenge aus dem Totalpdelta s. Tab. 29, S. 87).

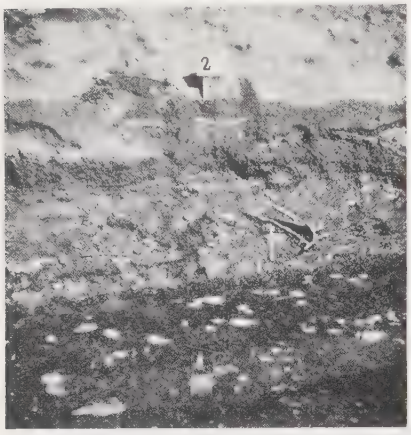


Fig. 13

Am ganzen übrigen Seeufer ist kein solches durch Alluvionen aufgeschüttetes durchlässiges Steilufer mehr vorhanden, und darum konnten auch nirgends mehr sichtbare Grundwasseraustritte bei normalem Seestand beobachtet werden.

Fig. 14

Fig. 15

Grundwasseraustritte am Nordrand des Davosersees, September 1935.

3. Einfluß einer künstlichen Seeabsenkung auf den Grundwasserspiegel im Sommer 1933.

In der Zeit vom 17. bis 28. Juni 1933 wurde der Davosersee künstlich um rund 1 m abgesenkt, um die Einwirkung der Seespiegelschwankung auf den Grundwasserspiegel festzustellen. Die Figur 16 zeigt nach den Beobachtungen und Messungen den Verlauf des Seespiegels, des Grundwasserspiegels in den Rohren

1, 2, 3, 6, 7, 12, 13, 14 und 15, der Wasserstände des Flüelabachs bei Meßstelle IV, des Seewassers beim schmiedeisernen Pegel, der Grundwasserstände in den Schächten I und II, außerdem die zugehörigen Niederschläge und Lufttemperaturen von Davos-Platz. (Ueber die Lage der einzelnen Meßstellen gibt der Uebersichtsplan, Taf. 1, Auskunft.)

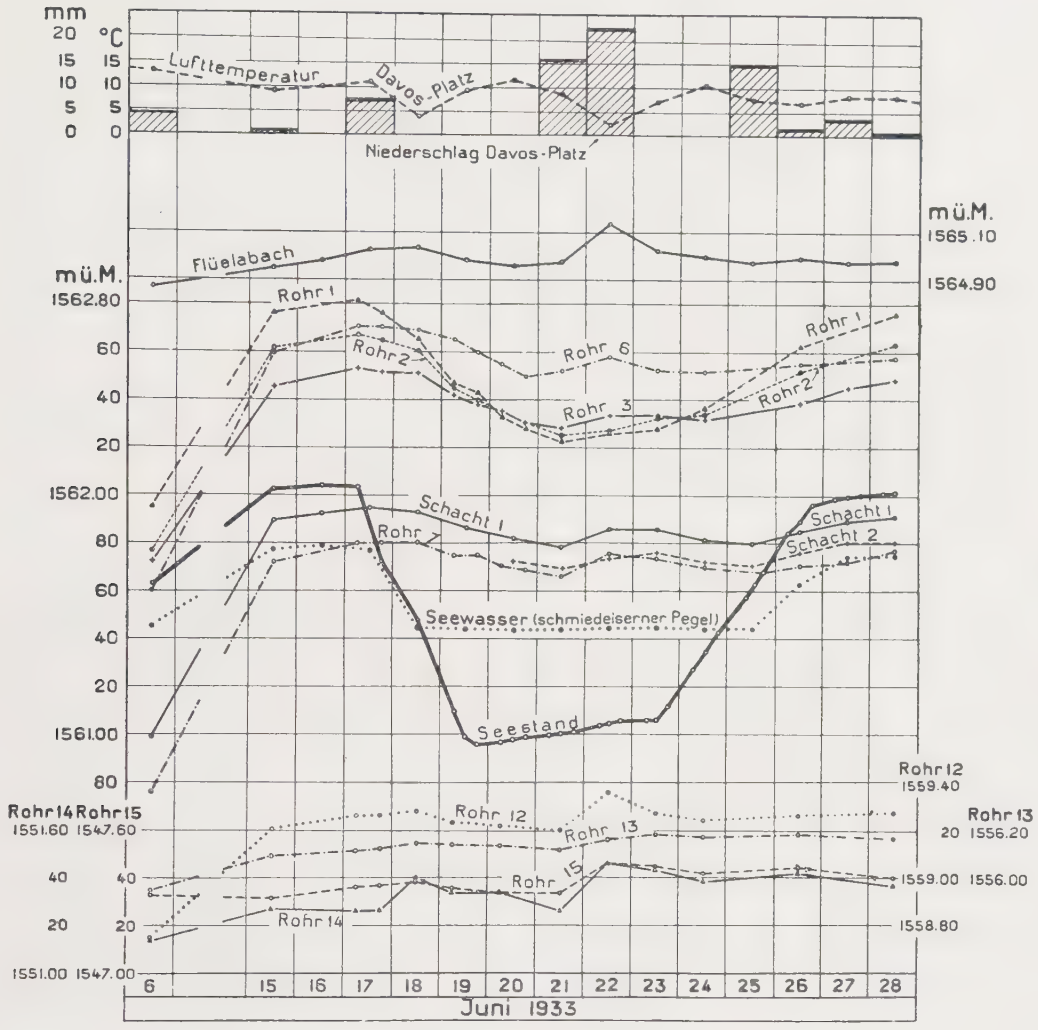


Fig. 16

Einwirkung der Seespiegelschwankungen auf den Grundwasserspiegel im Flüeladelta und in der Landwasserebene während der künstlichen Absenkung des Davosersees vom 17. bis 28. Juni 1933.

Der Gesamtverlauf läßt folgendes erkennen: der Niederschlag vom 17. Juni (7,2 mm Regen und Schnee) bedingt z. T. einen Anstieg der Wasserstände, während besonders in der Nähe des Davosersees durch die Seeabsenkung in Rohr 1 und 2 ein Grundwasserfallen auftritt, was die Abhängigkeit dieser beiden Grundwasserstände vom benachbarten Seestand charakterisiert.

Am 21. und 22. Juni fallen wiederum größere Niederschläge (15,8 und 22,2 = 38 mm) — z. T. in Form von Schnee. Diese Niederschläge bewirken eine allgemeine Hebung der Wasserstände: der Flüelabach steigt vom 21. zum 22. Juni um 0,155 m, der Davosersee um 0,046 m, das Grundwasser in Rohr 6 um 0,058 m, in Rohr 3 um 0,056 m, in Rohr 7 um 0,098 m und in Schacht I um 0,076 m.

Hieraus ist ersichtlich, daß das Grundwasser mehr steigt als der See, nachdem es vorher bei der Seeabsenkung weniger gefallen war als der See. Der größte Teil der Grundwasserrohre (außer den oben schon charakterisierten Rohren 1 und 2) läßt eine vom Seestand unabhängige und sogar dazu entgegengesetzte Grundwasserbewegung (leichtes Fallen des Grundwassers vom 22. zum 23. Juni bei gleichzeitiger schwacher Seehebung) erkennen. Während die Rohre 1 und 2 bei der Seeauffüllung vom 23. zum 24. Juni bereits wieder steigen, sinken noch die Grundwasserspiegel in den Rohren und Schächten, wie auch der Wasserstand des Flüelabachs (selbst das Seewasser am schmiedeisernen Pegel um 0,007 m).

Mit dem Niederschlag am 25. Juni (14,8 mm) heben sich dann die Grundwasserstände wieder allgemein bis zum 26. Juni, und steigen von da an zum größten Teil noch weiter an.

Eine Betrachtung der im Zeitraum vom 16. bis 18. Juni 1933 eingetretenen Wasserspiegelhebung (erstes Maximum) und der folgenden Wasserspiegelsenkung (bis zum ersten Minimum) ergibt die Werte in Tabelle 9.

Tabelle 9

Meßstelle	1. Maximum		1. Minimum		Wasserspiegelsenkung zwischen 1. Maximum und 1. Min.	Seeabsenkung in der gleichen Zeit
	Juni 1933	Höhe [1]	Juni 1933	Höhe	m	m
Davosersee	17. m.[2]	62.030	19. a.[3]	60.950	1,080	1,080
Seewasser . schmiedeis. Pegel	16.	61.783	20.	61.428	0,355	1,060
Rohr 1 . .	17. m.	62.817	21.	62.220	0,597	1,037
Rohr 2 . .	„	62.672	„	62.248	0,424	1,037
Rohr 3 . .	„	62.529	„	62.277	0,252	1,037
Rohr 6 . .	17. a.	62.698	20. a.	62.493	0,205	0,740
Schacht I . .	17.	61.945	21.	61.779	0,166	1,037
Rohr 7 . .	18.	61.798	„	61.655	0,143	0,477
Rohr 12 . .	„	59.274	„	59.193	0,081	0,477
Rohr 13 . .	„	56.140	„	56.110	0,030	0,477
Rohr 14 . .	„	51.394	„	51.254	0,140	0,477
Rohr 15 . .	„	47.380	„	47.327	0,053	0,477
Flüelabach Meßstelle IV	„	65.034	20.	64.954	0,080	0,510

[1]) Zur Vereinfachung wurde statt 1562.030 nur 62.030 geschrieben.
[2]) m. = morgens.
[3]) a. = abends.

Der größte Einfluß des Seespiegels auf den Grundwasserspiegel ist nach Tabelle 9 für Rohr 1 mit einer Verzögerung von etwa ein bis zwei Tagen für das Minimum und mit einer Abschwächung der Absenkung des Davosersees auf nicht

ganz die Hälfte im Grundwasser festzustellen. Nach Tabelle 9 nimmt von Rohr 1 an der direkte und indirekte Einfluß des Davosersees und seiner künstlichen Absenkung auf das Grundwasser mit der Entfernung vom See gegen den Flüelabach und das Landwasser hin ab, während umgekehrt die dem See entferntern Grundwasserspiegel der Rohre 6—15 unter dem stärkern Einfluß anderer Faktoren (z. B. Wasserstand des Flüelabachs und Niederschlag) stehen; daß diese aber z. B. im vom Landwasser etwas entfernten Rohr 13 sehr gering sind, zeigen die Zahlenwerte in Tabelle 9.

Es darf wohl angenommen werden, daß wenn die Seeabsenkung längere Zeit gedauert hätte oder keine so großen Niederschläge gefallen wären (und dadurch der Flüelabach auch weniger angestiegen wäre), die Seespiegelabsenkung stärker — als in Tabelle 9 — auf den Grundwasserspiegel eingewirkt hätte.

Die Abhängigkeit der Absenkungsbeträge von den verschieden einwirkenden Faktoren — Davosersee, Flüelabach, Landwasser, Niederschlag usw. — für zwei aufeinanderfolgende Tage zeigt Tabelle 10.

Tabelle 10

Meßstelle	21. Juni 1933 Absenkung in m gegenüber dem		22. Juni 1933 Absenkung in m gegenüber dem	
	15. Juni	17. Juni morgens	15. Juni	17. Juni morgens
	m	m	m	m
Davosersee	—1,027	—1,037	—0,981	—0,991
Seewasser . schmiedeis. Pegel	—0,332	—0,332	—0,320	—0,320
Rohr 1 . .	—0,534	—0,597	—0,493	—0,556
Rohr 2 . .	—0,359	—0,424	—0,341	—0,406
Rohr 3 . .	—0,172	—0,252	—0,116	—0,196
Rohr 6 . .	—0,081	—0,176	—0,023	—0,118
Schacht I . .	—0,107	—0,166	—0,031	—0,090
Rohr 7 . .	—0,062	—0,140	0,036	—0,042
Rohr 12 . .	—0,007	—0,061	0,152	0,098
Rohr 13 . .	0,022	0,0	0,065	0,043
Rohr 14 . .	—0,015	0,0	0,184	0,199
Rohr 15 . .	0,017	—0,026	0,141	0,098
Flüelabach . Meßstelle IV	0,027	—0,050	0,182	0,105
Landwasser . Arenno (Tagesmittel)	0,059	0,004	0,222	0,167

Zu beachten ist hier einmal der Stand von Rohr 7 am 22. Juni gegenüber dem 15. Juni: 0,036 m plus. Ist der Betrag auch an und für sich gering, so ist aber doch von Bedeutung, daß diese *Grundwasserhebung trotz einer Seeabsenkung von 0,981 m* auftritt. Dies zeigt die Einwirkung anderer Faktoren auf den Grundwasserspiegel. Schacht I ist bei gleicher Seeabsenkung (0,981 m) um 0,031 m gesunken, was ein sehr kleiner Betrag ist, der dadurch erklärt wird, daß in das Seewasser, welches auch 0,320 m gesenkt war (kein Ausfluß vom Davosersee), Grundwasser von der Flüeladeltaseite her zutrat (vgl. Fig. 16). Dies macht eine Notiz von

Herrn *Fausch* noch klarer, der zu den Messungen vom 19. bis 24. Juni bemerkt, daß sie austretendes Grundwasser im Seeabfluß seien.

Weiter fällt wieder der kleine Betrag des Anstieges für Rohr 13 am 22. gegenüber dem 15. Juni auf: + 0,065 m, während die Rohre 12, 14 und 15 mit einem ähnlichen Betrage wie der Flüelabach steigen. Dies mag durch die vom Hauptvorfluter (Landwasser) entferntere Lage des Rohres 13 und den dazwischenliegenden Mühlehofkanal, der tiefer als das Landwasser liegt und weniger als das Landwasser schwankt, erklärt werden.

4. Vergleich zweier Meßperioden im Sommer 1933.

Als erste Meßperiode wurde die Zeit vom 15. bis 22. Juni 1933 mit *künstlicher Seeabsenkung* und als zweite Meßperiode diejenige vom 15. bis 22. Juli 1933 mit *normalem Seestand* und *Hochwasser* im Flüelabach und Landwasser gewählt, da beide Meßperioden zu Beginn etwa gleich hohe See- und z. T. auch Grundwasserstände zeigen. Die absoluten Höhen für die berücksichtigten Tage und die Aenderung der Wasserstände während jeder Meßperiode ergeben sich aus Tabelle 11. [6])

Tabelle 11

	1. Meßperiode			2. Meßperiode		
	15. Juni 1933	22. Juni 1933	Änderung vom 15.-22. VI. 1933	15. Juli 1933	22. Juli 1933	Änderung vom 15.-22. VII. 1933
	Höhe [1])	Höhe	m	Höhe	Höhe	m
Davosersee	62.02	61.04	—0,98	61.99	61.96	—0,03
Rohr 1 . .	62.75	62.26	—0,49	62.75	62.56	—0,19
Rohr 2 . .	62.61	62.27	—0,34	62.66	62.46	—0,20
Rohr 3 . .	62.45	62.33	—0,12	62.56	62.27	—0,29
Rohr 6 . .	62.60	62.57	—0,03	62.74	62.31	—0,43
Rohr 7 . .	61.72	61.75	0,03	61.87	61.50	—0,37
Rohr 12 . .	59.20	59.35	0,15	59.48	59.19	—0,29
Rohr 13 . .	56.09	56.15	0,06	56.18	56.13	—0,05
Rohr 14 . .	51.27	51.45	0,18	51.49	51.38	—0,11
Rohr 15 . .	47.31	47.45	0,14	47.63	47.45	—0,18
Rohr 16 . .	42.11	42.25 [2])	0,14 [2])	42.40	42.22	—0,18
Rohr 17 . .	37.91	38.06 [2])	0,15 [2])	38.28	38.05	—0,23
Flüelabach Meßstelle IV	64.95	65 13	0,18	65.27	65.05	—0,22
Landwasser Arenno [3])	35.62	35.84	0,22	36.07	35.82	—0,25

[1]) Alle Koten beziehen sich auf alten Horizont = 376.86 m ü. M. und es wurde zur Vereinfachung statt 1562.02 nur 62.02 geschrieben.
[2]) Wurde interpoliert.
[3]) Tagesmittel der Pegelstände.

Der Vergleich zeigt, daß der Grundwasserspiegel bei normaler Seespiegelschwankung (— 0,03 m) um den gleichen oder mehrfachen Betrag dessen fallen kann, was er bei künstlicher Seeabsenkung (— 0,98 m) gefallen oder gestiegen ist. In den verglichenen Meßperioden kann *keine ausschlaggebende Beziehung* zwischen Davosersee und Grundwasser *allein* vorhanden sein, vielmehr lassen die Zahlenwerte der beiden Meßperioden eine maßgebende Einwirkung der Vorfluter Flüela-

[6]) Die meteorologischen Verschiedenheiten der beiden Meßperioden hätten etwas ausgeschaltet werden können, wenn für alle Rohre eine kürzere Periode täglicher Beobachtungen vorgelegen hätte.

bach-Landwasser zur Zeit des Hochwassers auf den Grundwasserspiegel des Flüeladeltas und der Davoserebene erkennen.

Wie die Einwirkung der Einzelfaktoren je nach der Lage der Beobachtungsstelle aber doch recht verschieden sein kann, ergibt eine Gegenüberstellung der Zahlenwerte einer Meßperiode. Die großen Unterschiede sind eine Bestätigung der vorkommenden Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und ein Ausdruck für die Verschiedenheit der dabei zur Einwirkung kommenden Einzelfaktoren.

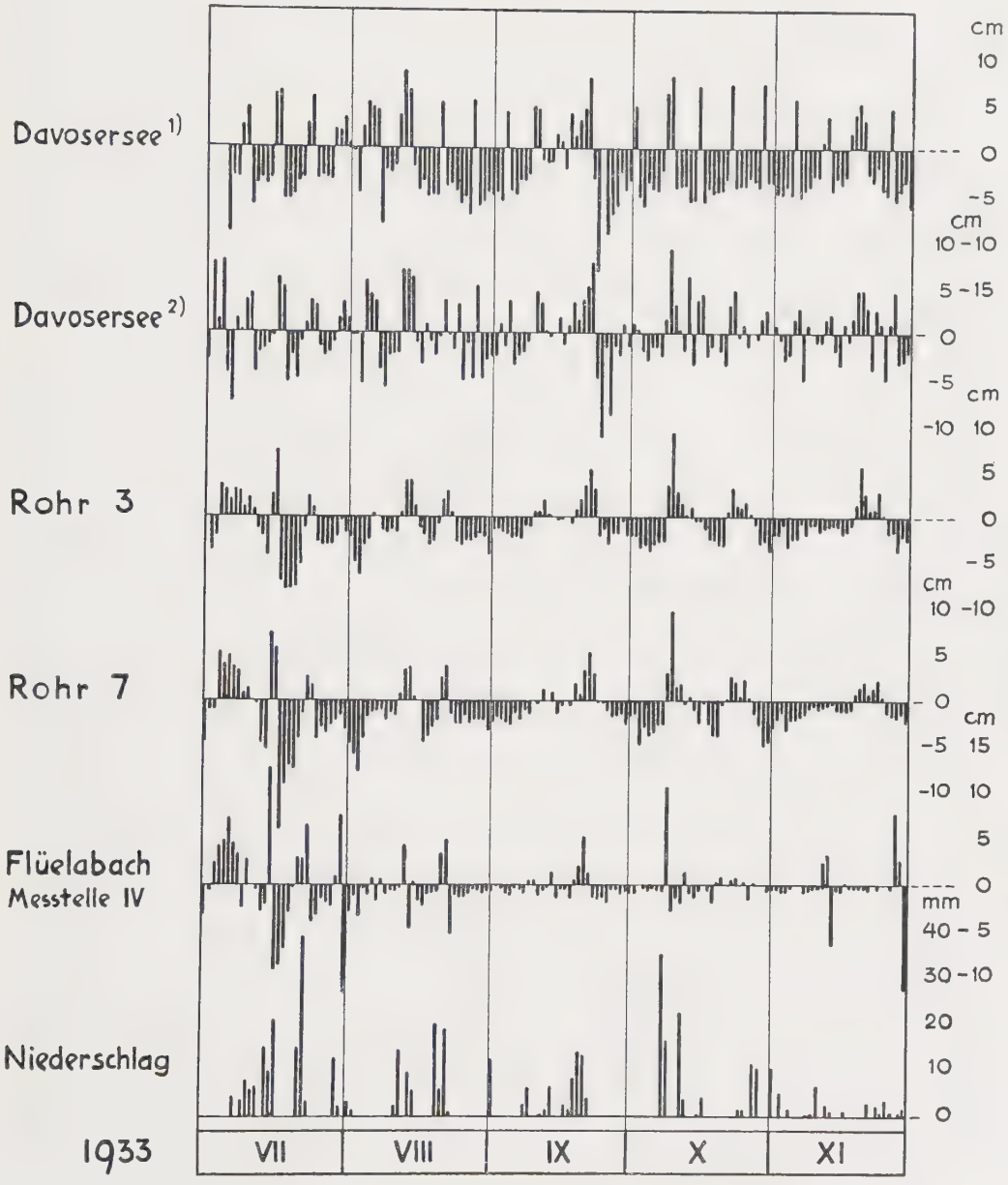


Fig. 17

Natürliche und künstliche Schwankungen des Davosersees (0—24 Uhr) und Aenderungen des Grundwasserspiegels (zwischen zwei Messungen) vom Juli bis November 1933.

5. Natürliche und künstliche Schwankungen des Davosersees (innerhalb 0—24 Uhr) **und Aenderungen des Grundwasserspiegels** (zwischen zwei Messungen) **vom Juli bis November 1933.**

In Figur 17 sind in der 1. Reihe die *Schwankungen* des Davosersees je nach dem Verlauf des Seestandes innerhalb eines Tages entsprechend positiv oder negativ aufgetragen. Die regelmäßigen Anstiege (meist Sonntags) als Folge der fehlenden Entnahme im Kraftwerk Klosters und vermehrt durch Zunahme infolge Niederschlägen im Gebiet stechen im Bilde neben den künstlichen Absenkungen durch den Kraftwerksbetrieb heraus. In der 2. Reihe sind die *Aenderungen* des Seestandes zwischen den gleichen Beobachtungszeiten wie für die Rohre 3 und 7 aufgetragen worden. Diese Darstellung ergibt ein anderes Bild als die 1. Reihe, läßt aber noch viele gemeinsame Züge erkennen. Die 3. und 4. Reihe gibt die Aenderungen des Grundwasserstandes in den Rohren 3 und 7 wieder, wobei die fehlenden Beobachtungen — wie auch beim Flüelabach — interpoliert wurden. Auf den ähnlichen Verlauf der beiden Reihen, der die hydraulische Beziehung und Verwandtschaft schön veranschaulicht, wurde schon kurz hingewiesen (S. 14). In der 5. Reihe wurden — wie für die beiden Rohre — für die Meßstelle IV des Flüelabachs die Aenderungen zwischen zwei Messungen aufgetragen und in der 6. Reihe die Niederschläge der Beobachtungszeit.

Die bestehenden Unterschiede in der Größe der Schwankungen und Aenderungen der einzelnen Wasserspiegel der Beobachtungsstellen werden in Figur 17 deutlich. Im einzelnen zeigt sich, daß die Tagesschwankungen des Davosersees (z. B. bis 9 cm Anstieg und bis 11 cm Abstieg pro Tag) nicht im Grundwasser der Rohre 3 oder 7 nachgewiesen werden können, daß vielmehr die Aenderungen des Grundwasserspiegels dieser Rohre hauptsächlich durch andere Faktoren bedingt werden. Kein Tagesanstieg des Davosersees vermag allein das Grundwasser der beiden Rohre zu heben und selbst die aufeinanderfolgenden Anstiege vom 3. bis 6. August 1933 mit insgesamt 15 cm Hebung des Seespiegels vermögen nur an einem Tag, dem 6. August, den Grundwasserspiegel in Rohr 3 um den minimalen Betrag von 0,3 cm zu heben, währenddem er in dem vom See entferntern Rohr 7 dauernd weiter fällt. Vergleicht man in Figur 17 ebenfalls für den Davosersee den Verlauf der Aenderungen zwischen zwei Messungen mit denjenigen für das Grundwasser in den Rohren 3 und 7, so ist der mangelnde Zusammenhang zwischen den beiden noch deutlicher.

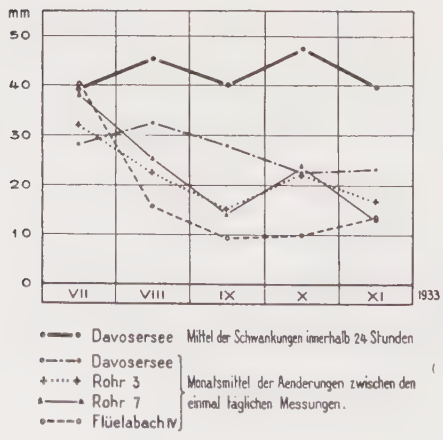


Fig. 18

Die Monatsmittel für die Schwankungen und Aenderungen der gleichen Periode sind in Figur 18 dargestellt worden. Man könnte hier aus den großen Werten für die Schwankung des Davosersees innerhalb 0—24 Uhr auf einen dominierenden Einfluß des Davosersees auf den Grundwasserspiegel schließen, doch ist dies — wie oben schon nachgewiesen

wurde — nicht der Fall. Die Verschiedenheit der Monatsmittelwerte und ihr nicht gleichsinniger Verlauf hängt neben dem Einfluß der künstlichen (täglichen) Seeabsenkung beim Davosersee von den unterschiedlichen Monatsniederschlägen und auch Schneeschmelzen ab.

6. Seeabsenkung und Mehrabsinken des Grundwasserspiegels in den Wintern 1931/32 und 1933/34.

War schon im Juni 1933 bei der kleinen künstlichen Seeabsenkung von rund 1 m die Einwirkung derselben auf den Grundwasserspiegel der seebenachbarten Rohre 1—6 deutlich erkennbar, so ist von vornherein klar, daß die viel größern künstlichen Absenkungen im Winter nicht nur ebenfalls eine Einwirkung auf das Grundwasser haben, sondern daß sie sich auch entsprechend stärker bemerkbar machen müssen. Daß aber nicht nur ein Mehrabsinken des Grundwassers eintritt, sondern auch die Einflußzone der künstlichen Seeabsenkung weiter landwasserabwärts als im Juni 1933 reicht, ist aus Tafel 3, Fig. a und b für die Rohre 7, 12—15 ersichtlich. Die Einzelwerte für das Winterhalbjahr 1931/32 und 1933/34 (das ähnlich wie 1932/33 ist) sind in Tabelle 12 zusammengestellt und in Figur 19 aufgetragen.

Seeabsenkung und Mehrabsinken des Grundwasserspiegels.

Tabelle 12

Rohr	1931/32		Seeabsenkung max. 22,85 m	1933/34		Seeabsenkung max. 12,67 m
	Tiefster Grundwasserstand		Mehrabsinken des Grundwassers durch Seeabsenkung	Tiefster Grundwasserstand		Mehrabsinken des Grundwassers durch Seeabsenkung
	ohne Seeabsenkung [1]	mit Seeabsenkung		ohne Seeabsenkung	mit Seeabsenkung	
	Höhe	Höhe	m	Höhe	Höhe	m
7	1559.70 [2]	1556.10 [2]	3,60 [3]	1559.70 [2]	1556.30 [2]	3,40 [3]
12	1558.15 [2]	1554.80 [2]	3,35 [3]	1558.20 [2]	1555.45	2,75 [2]
13	1555.80 [2]	1553.94	1,86 [2]	1555.85 [2]	1554.55	1,30 [2]
14	1550.75 [4]	1550.37	0,38 [4]	1550.85 [4]	1550.64	0,21 [4]
15	1546.85 [4]	1546.78	0,07	1546.95 [4]	1546.84	0,11
16	1541.73	1541.73	0	1541.74	1541.74	0

[1]) Die Werte wurden durch Verlängerung der bei normalem Seestand erhaltenen Punkte in Figur 19 erhalten.
[2]) Geschätzte Werte oder hieraus ermittelte Werte mit einem Fehler von rund ± 0,15 m.
[3]) Schätzungsfehler rund ± 0,30 m.
[4]) Schätzungsfehler rund ± 0,05 m.

Mit der Entfernung vom Davosersee nimmt die Einwirkung der Seeabsenkung auf das Grundwasser im Landwassertal ab und ist bei größerer Seeabsenkung (1931/32) auch der Betrag des Mehrabsinkens des Grundwasserspiegels ein höherer als bei kleinerer Seeabsenkung (1933/34 bzw. 1932/33).

Da die Rohre 1—7 in den Beobachtungswintern 1931/32 bis 1933/34 mehr oder weniger lang vor ihrem tiefsten Grundwasserstand trocken liefen, ist eine Rekonstruktion der Beträge des Mehrabsinkens des Grundwassers für die seenahen Rohre sehr schwierig, weil die irgendwie steil abfallende Verbindungskurve in Figur 19 von Rohr 12 oder Rohr 7, mit dem Punkte für die tiefste Seeabsenkung in ihrer Lage ganz unbestimmt ist, ja, es wahrscheinlich ist, daß für einzelne Punkte bei

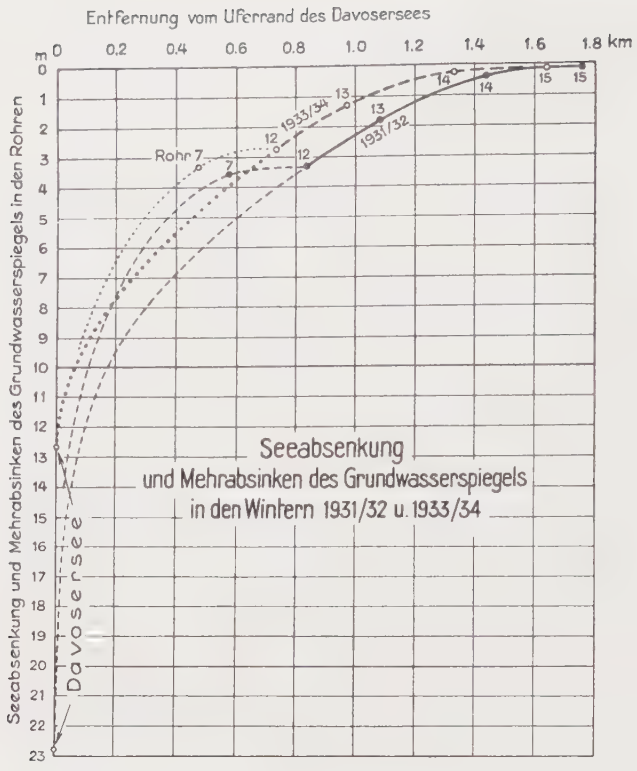


Fig. 19

gleicher Entfernung vom Davosersee verschiedene Kurven je nach den Einzelverhältnissen in Frage kämen. Da der Schätzungsfehler mit der Lage der Rohre gegen den See hin ebenfalls wächst, kann er beispielsweise im Winter 1931/32 für Rohr 2 bei einem Mehrabsinken des Grundwassers von rund 8 m durch die Seeabsenkung $\pm$ 2 m betragen. Der Fehler würde hier sehr groß und aus diesem Grunde wurde auf eine Rekonstruktion der Grundwasserstände für die Rohre 1—6 auch in Tafel 3 verzichtet.

Der nachweisbare Betrag, den die Absenkung des Davosersees im Flüeladelta und im anschließenden Landwassertal im Winter 1931/32 oder 1933/34 erreicht, ist immer noch mit rund 3 m Grundwassermehrabsinken ein recht hoher.

Noch in Rohr 15 ist der Einfluß der winterlichen Seeabsenkung im Mehrabsinken des Grundwassers mit etwa 0,05—0,10 m nachweisbar; die Absenkung des Davosersees wirkt also noch mehr als 1,75 km landwasserabwärts vom Davosersee (bis etwa zum Dischmabach) auf den Spiegel des Grundwassers ein. Dabei ist aber die Einwirkung der Seeabsenkung auf die Rohre 12—15 nicht nur indirekt im Sinne von Fall 3 b (S. *22*): Grundwasserabsinken, ohne daß dabei das Grundwasser in den Rohren 12—15 zum Davosersee hinfließt, sondern hauptsächlich dadurch indirekt, daß ein Teil des Verlustwassers des Flüelabachs und des Grundwassers aus dem Flüeladelta, der unter natürlichen Verhältnissen dem Grundwasser des Landwassertals zufließt, diesem durch die künstliche winterliche Seeabsenkung entzogen wird, wodurch die ins Landwassertal fließende Grundwassermenge vermindert und dadurch — zusammen mit den obengenannten Einwirkungen — das Mehrabsinken des Grundwasserspiegels in den Rohren 12—15 hervorgerufen wird. (Ohne Grundwassermengenverringerung würde der Betrag des Mehrabsinkens des Grundwassers durch Seeabsenkung bedeutend kleiner ausfallen.)

Im Rohr 16 ist kein Absinken des Grundwasserspiegels durch die Davosersee-absenkung mehr erkennbar; die veränderten Verhältnisse durch den neuen Vorfluter (Dischmabach) mit seinem Grundwasser und der Stau des Landwassers für den Körberkanal machen sich hier bereits im Gang des Grundwasserspiegels so

Südliche Randzone des abgesenkten Davosersees.

Fig. a

Aufstöße bei der Badanstalt,
Seestand am 2. März 1933 = 1552.86 m ü. M.

Fig. b

Aufstöße nächst dem Seeausfluß,
Seestand am 2. März 1933 = 1552.86 m ü. M.

stark geltend, daß kein Einfluß der künstlichen Seeabsenkung im Grundwasser konstatiert werden kann.

Die Figur 19 zeigt, daß von Rohr 12—15 der Einfluß der Seeabsenkung fast regelmäßig mit der Entfernung vom Rand des Davosersees abnimmt, während dies für Rohr 7 nicht der Fall ist. Die Erklärung hierfür ist nicht ganz einfach; allgemein könnten wir uns vielleicht so ausdrücken, daß Rohr 7 bei größern Seeabsenkungen gewissermaßen in einen « Grundwasserschatten » zu liegen kommt [7]).

Eine Folge der künstlichen Seeabsenkung durch das Mehrabsinken des Grundwasserspiegels ist die Trockenlegung der beiden rechtsufrigen Grundwassergräben Gadenstatt bis zu ihrem Zusammenfluß (Kreuz, Mühlehof). Wegen Fischereiinteressen wurde im Herbst 1933 eine Zuleitung vom Seewasser nach dem Graben I erstellt, die im Winter rund 4 l/sec in den Graben I aus dem Wasser des Dorfbachs fördert, so daß heute nur noch der Graben II im Winter ganz trocken läuft.

7. Seeabsenkung und Aufstöße im Davosersee.

Auf eine Erscheinung der Seeabsenkung sei hier noch etwas näher eingetreten. Während bei normalem Seestand (1562 m) im Winter kaum mehr Grundwasser dem Davosersee vom Flüeladelta her zufließt, aber umgekehrt Wasser des Sees ins Grundwasser des Flüeladeltas übertritt, ändern sich mit der künstlichen Seeabsenkung diese Verhältnisse vollkommen: Durch die Absenkung erhält das Grundwasser ein erhöhtes Gefäll zum Davosersee, wodurch es seine bisherige Fließrichtung und auch seine Menge ändert und dabei eine Erscheinung auftritt, die ohne künstliche Seeabsenkung nie hätte beobachtet werden können. Aufstöße werden als offene Stellen im flachen Wasser des Seerandes in der Eisdecke sichtbar, Grundwasser tritt in lokal zusammengefaßten Austrittsstellen mit Auftriebserscheinungen, ja sogar hörbarem Sprudeln auf und sickert auch aus den Uferböschungen.

Beobachtungen über diese Erscheinung am Südufer des Davosersees — die auch noch am Nordufer und weniger am Ostufer vorkommt — wurden besonders im Winter 1932/33 von Herrn Ing. *Ingold* und der A.-G. Bündner Kraftwerke vorgenommen, weitere Notizen von Herrn *Fausch* liegen aus dem Winter 1934/35 vor.

Die Lage der einzelnen Aufstöße ist im Uebersichtsplan, Tafel 1, eingetragen und ist auch aus Tafel 4, Fig. a und b zu ersehen. Die Aufstöße gruppieren sich im wesentlichen um vier Punkte, von denen die zwei äußersten beim Flüelabacheinlauf und beim Seeausfluß die größten und stärksten sind. Die Zahl der Aufstöße variiert, maximal sind es etwa 15; flächenmäßig sind sie nie sehr groß.

Die Rapporte der A.-G. Bündner Kraftwerke und von Herrn *Ingold* sind im folgenden mit den meteorologischen Angaben des Kurvereins Davos zusammengestellt worden; sie geben zusammen mit der graphischen Darstellung in Figur 20 weitere Auskunft über die Art des Auftretens, die Aenderung der Erscheinungen, die klimatischen Verhältnisse usw.

Die Aufstöße sind in ihrer Sichtbarkeit von einer ganzen Anzahl von Faktoren abhängig; wir erwähnen die wichtigsten:

[7]) Die Grundwasserfließrichtung dürfte mehr direkt gegen das Rohr 12 hin stattfinden, weil Rohr 7 sehr nahe am rechten Talhange liegt und auch die Grundwasserscheide zwischen Landwasser und Davosersee in der Nähe durchgehen dürfte.

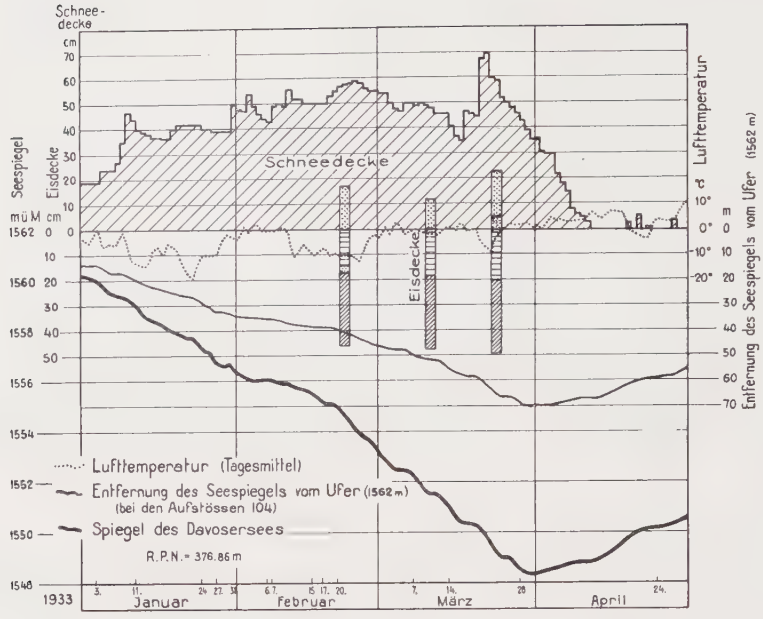


Fig. 20

1. rasche und genügend tiefe Seeabsenkung,
2. Dicke der Eis- und Schneedecke auf dem See,
3. Temperatur der Luft, des Wassers im See und des Grundwassers,
4. dem Davosersee zufließende Grundwassermenge aus dem Flüeladelta (auch Flüelabach).

Besitzt der Davosersee zu Beginn des Winters nur eine schwache Eisdecke, so ist dieselbe noch verhältnismäßig leicht an vielen Stellen durch das Grundwasser offen zu halten. Wird aber im Laufe des Winters das Eis dicker und muß gleichzeitig das Grundwasser immer neue Eismassen durch die Verlagerung der Austrittstellen gegen die Seemitte zu aufschmelzen — denn die mit Eisblöcken bedeckten Ufer gefrieren rasch und tief —, so werden, selbst wenn immer die gleichen Grundwassermengen in den See austreten würden, die Erscheinungen nicht dieselben wie zu Beginn des Winters und der Absenkung sein, sondern stark abnehmen.

Die Zahl und Flächenausdehnung der jeweiligen Aufstöße ist nach dem Gesagten kein Maß für die aus dem Flüeladelta zum Davosersee austretenden Grundwassermengen. Daß aber die Grundwassermenge nicht klein sein kann, zeigt außer der Sprudelbewegung einzelner Aufstöße die Tatsache, daß selbst eine Eisdecke von rund 0,3 m Mächtigkeit offen gehalten und auch aufgeschmolzen wird (vgl. Grundwassermenge, Tabelle 27, S. 85).

Bemerkenswert ist hier noch, daß trotz der Anfang Februar 1933 schwächern Seeabsenkung am 15. und 17. Februar kräftige Ausstoßwirkungen erkennbar sind, was ebenfalls zeigt, daß selbst bei langsamer Seeabsenkung und tiefer Temperatur (Fig. 20) größere Grundwassermengen in den See abfließen.

Ueber die Temperaturen der Aufstöße und die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen gibt Tabelle 25, S. 81, Auskunft.

Rapporte

über die Beobachtungen am Südufer des Davosersees auf Wasseraustrittstellen im Winter 1932/33.

Datum	See-stand		Sonnen-schein-dauer	Lufttemperatur		
1933	m		Std.	Morgen °C	Mittag °C	Abend °C
3. Jan.		Morgens heiter, ab ca. 9 Uhr stark wechselnd bewölkt, abends trüb. [1])	2,8	— 6,4	2,0	— 2,4
nach-mittags	1560.08	*Längs der Anfangsstrecke des erstellten Spazierweges vom Seewasser aus,* sind zehn offene Stellen im Eis sichtbar, die z. T. starke Auftriebserscheinungen mit Luftblasen aufweisen.				
11. Jan.		Neuschnee 2,5 cm, total 43 cm Schnee. Morgens trüb, ab ca. 11 Uhr wolkenlos.	5,5	— 9,4	—8,0	—15,9
vor-mittags	1559.10	Ungefähr in gleicher Ausdehnung wie unterm 3. Januar beschrieben, sind dieselben Erscheinungen zu beobachten, wobei aber mehr Löcher vorhanden sind, *deren Schwerpunkt dem Seewasseraustritt näher* liegt.				
24. Jan.		Vorwiegend leicht bewölkt (zirrös).	5,6	- 20,2	—8,6	—14,1
	1557.46	Dieselben Erscheinungen wie unter 11. Januar, aber weniger offene Stellen.				
27. Jan.		Stark wechselnd, aber stets leicht bewölkt.	4,0	—15,1	—3,7	—11,8
	1556.81	Einzelne Wasseraufstöße durch die Eisdecke hindurch *in der Nähe der Flüelabacheinleitung nächst dem Seeufer.* Diese Erscheinung läßt darauf schließen, daß der Wasserspiegel der Grundwasserspeicherung mit dem Sinken des Seewasserspiegels sich ebenfalls entsprechend senkt. Das Grundwasser fließt in der Richtung des geringsten Widerstandes ab und dies scheint bei der großen Kälte, wo die Böschungsufer sofort nach dem Freilegen gefrieren, die Schicht unmittelbar unter der ohnehin nicht starken (20—30 cm) Eisschicht zu sein. Daß die Aufstoßstellen mit dem Sinken des Seespiegels seewärts wandern, dafür liefern die, nun hinterliegenden, nachträglich doch noch zugefrorenen Löcher im Delta gegen den Seeauslauf, den einwandfreien Beweis.				
31. Jan.		Neuschnee 10,5 cm, total 50 cm Schnee. Aufheiternd bis bewölkt, ab ca. 10½ Uhr wieder Trübung mit nachfolgendem leichtem Schneefall mit Unterbrechung und Bise bis gegen Abend.	0,8	— 5,6	—0,4	— 3,8

[1]) Nach den Originalaufzeichnungen des Kurvereins Davos.

Datum	Seestand		Sonnenscheindauer	Lufttemperatur		
1933	m		Std.	Morgen °C	Mittag °C	Abend °C
	1556.38	*Bucht gegen Seeauslauf* Aufstoßstellen offen. Unmittelbar über der Eisdecke sickert auf einer Breite von etwa 3 m Wasser aus der Uferböschung hervor. In der höher liegenden Böschungspartie sind keinerlei Spuren von Wasserzufluß sichtbar. *Flüelabacheinlauf.* Auch da sind die Aufstoßstellen offen und es hat sich deren Zahl seit der letzten Beobachtung (27. Januar) noch vermehrt. Grund hierfür mag die inzwischen eingetretene Föhnperiode sein, wobei die hier stellenweise sehr dünne Eisschicht durchgeschmolzen ist. An Ausdehnung hat die Aufstoßzone als solche nicht zugenommen. Ueber der Eisdecke sind hier in der Uferböschung keinerlei Wasserzuflüsse festzustellen.				
6. Febr.		Total 43 cm Schnee. Fast bedeckt, dann schnell etwas aufhellend, gegen Mittag zunehmende Bewölkung, trüb, Schneefall, zeitweise feiner Regen bis gegen Nachmittag, dann langsam aufhellend.	0,0	— 2,4	2,0	0,0
	1556.04	In tiefer Mulde *unweit vom Seewasseraustritt* ist an schneefreier Stelle oberflächliche Sickerung von Wasser zu konstatieren. Auch zeigen sich drei Löcher rund 70 m nordwärts vom Flüelabacheinlauf. Im übrigen sind immer noch zahlreiche Löcher mit Auftriebserscheinungen längs der Mauer des Spazierwegs sichtbar.				
7. Febr.		Niederschlag nicht meßbar; bewölkt, zunehmende Bewölkung bis bedeckt, stärkere Bise, leichter Schneefall mit Unterbrechung.	0,0	— 2,4	3,2	— 1,2
	1556,03	(Nasser Schnee fällt.) *Bucht gegen Seeauslauf.* Die Oeffnungen im Eis sind größer geworden. Die Aufstoßerscheinungen sind verschwunden. Die Wasseroberfläche ist absolut ruhig. Unmittelbar über der Eisdecke sickert Wasser in ganz geringer Menge aus der Uferböschung hervor. In der überliegenden Böschungspartie sind keinerlei Spuren von Wasserzufluß festzustellen. *Flüelabacheinlauf.* Die früher beobachteten kreisrunden Löcher in der Eisdecke haben sich zu unregelmäßigen eisfreien Flächen erweitert. Eine Zone von schätzungsweise 1000 m² ist etwa zum vierten Teil eisfrei, und zwar ist das				

Datum	See-stand		Sonnen-schein-dauer	Lufttemperatur		
1933	m		Std.	Morgen °C	Mittag °C	Abend °C
		so zu verstehen, daß die einzelnen, eisfreien Stellen nicht zusammenhängend auf diese Zone verteilt sind. Wasseraufstöße (Sprudel) wurden keine konstatiert. In der Böschung über der Eisdecke sind keine Wasserzutritte ersichtlich. Die ganze Schneedecke über dem See ist mit Wasser durchtränkt. Auf der Seeoberfläche bis zum Höhwald, jedoch vorwiegend auf der Seehornseite, sind eisfreie Wasseraufstoßstellen in größerer Zahl verteilt.				
15. Febr.		Morgens trüb, ab ca. 9 Uhr schnell aufklärend und heiter tagsüber, abends leicht bewölkt.	6,5	— 7,2	— 4,4	— 11,4
	1555.59	*In der Einbuchtung gegen den Seeauslauf* sind einzelne ältere Aufstoßöffnungen in der Eisdecke mit einer dünnen Eisschicht überdeckt. Andere, etwas größere Löcher sind noch eisfrei und zeigen leichte, sprudelnde Bewegung auf der Wasseroberfläche. Auf der schon am 31. Januar gemeldeten eisfreien Stelle unmittelbar über der Eisdecke sickert noch etwas Wasser aus der Uferböschung hervor. *Flüelabacheinmündung.* Die Abgrenzung der eisfreien Zone ist seit der letzten Besichtigung (7. Februar) wesentlich enger gezogen. Es mag dies mit der inzwischen eingetretenen Kälte im Zusammenhang stehen. Auch da sind verschiedene, früher festgestellte eisfreie Stellen mit einer dünnen Eisschicht überzogen. Andere bis zu 2 m^2 große, eisfreie Stellen links der Flüelabachzuleitung lassen auch hier die Aufstoßerscheinungen deutlich erkennen, und zwar in Form von scharenweise aufsteigenden Luftbläschen, die in Intervallen von je etwa einer Minute aufsteigen. Wasserzuflüsse aus der Uferböschung über der Eisdecke sind hier nicht vorhanden. Bei Anlaß von Grabarbeiten für eine zu verlegende Holzkännelleitung wurde festgestellt, daß das Material in den Uferböschungen auf eine Tiefe von rund 0,3 m gefroren war.				
17. Febr.		Vorwiegend leicht bewölkt tagsüber, ab Nachmittag bewölkt bis bedeckt.	5,1	—18,2	— 2,6	— 7,4
	1555.27	*Nähe Seewasseraustritt* zeigen sich acht offene Stellen mit Auftrieb. Eine besonders große Oeffnung in der Mulde (siehe				

Datum	See-stand		Sonnen-schein-dauer	Lufttemperatur		
1933	m		Std.	Morgen °C	Mittag °C	Abend °C
		1. Februar) weist periodisch wiederkehrende kräftige Aufstöße, von hörbarem Sprudeln begleitet, auf. Die Löcher nordwärts vom Flüelabacheinlauf sind ebenfalls noch vorhanden.				
20. Febr.		Neuschnee 1,5 cm, total 52 cm Schnee. Vorwiegend trüb mit leichtem Schneefall, kalte stärkere Bise, abends aufklärend.	0,8	—10,1	— 7,8	—10,4
	1555.03	*Bucht gegen den Seeauslauf,* Situation seit dem 15. Februar nur wenig verändert. Die Sickerstelle direkt über der Eisschicht ist inzwischen verweht worden, d. h. nicht mehr sichtbar. *Flüelabacheinmündung.* Die eisfreien Stellen zeigen wenig Bewegung auf der Wasseroberfläche. Es mag dies mit dem sehr geringen Sinken während des vorangegangenen Sonntags im Zusammenhang stehen. Die vielen vereinzelten Aufstöße, dem Ufer seehornseits entlang, sind nicht mehr sichtbar. Diese wurden durch das herrschende Schneetreiben eingedeckt. Es war dies allerdings nur möglich, nachdem sich die Eisdecke geschlossen hatte, was seinerseits das Nachlassen der Aufstoßbewegungen voraussetzte (?).				
7. März		Stark bewölkt bis bedeckt.	2,0	— 7,5	5,4	— 1,3
	1552.33	*Längs des Spazierweges* sind im Eise noch drei Löcher festzustellen. Rund 120 m nordwärts vom Flüelabacheinlauf sind weitere sieben kleinere Oeffnungen sichtbar.				
14. März		Wolkenlos bis fast wolkenlos bis ca. 15 Uhr, dann langsam zunehmende Bewölkung, ab 18 Uhr stark bewölkt bis bedeckt.	9,2	— 7,1	5,0	1,7
	1551.13	Zustand ungefähr gleich wie unterm 7. März.				
28. März		Wolkenlos den ganzen Tag.	9,9	— 2,0	7,9	— 0,1
	1548.65	*Rund 120 m nordwärts vom Flüelabacheinlauf* eine größere Oeffnung im Eis vorhanden.				
24. April		Stark wechselnd bewölkt bei leichter Bise.	7,1	— 2,6	6,4	2 2
	1550.12	*Gegenüber dem gemauerten Ende des Spazierweges* ist noch eine Auftriebstelle im offenen ruhigen Wasserspiegel sichtbar.				

8. Seeauffüllung und Grundwasserspiegel.

In der Zeit von Mitte März bis spätestens Ende April beginnt je nach den klimatischen Verhältnissen und dem Betrieb des Kraftwerks Klosters der künstliche Anstieg des Davosersees. In diese Zeit fällt gewöhnlich auch der Beginn der Schneeschmelze. Ein Teil des durch die Schneeschmelze erzeugten Mehrabflusses der Gewässer wird zur Wiederauffüllung des Sees benutzt. Als Folge dieser Schneeschmelze steigt sowohl der Spiegel des Davosersees als auch der des Grundwassers, und zwar bis zu einem gewissen Grade unabhängig voneinander. Aus Tafel 3, Fig. a, S. 14 ist aber auch für das Frühjahr 1932 ersichtlich, daß bei Schneeschmelze bereits der Grundwasserspiegel wieder ansteigen kann, ohne daß gleichzeitig der Seespiegel steigt, dieser im Gegenteil noch fällt (vgl. S. 51). Der Einfluß der Schneeschmelze auf das Grundwasser reicht je nach dem Schneereichtum eines Winters zeitlich verschieden lang und vermag dabei das Grundwasser bis zu einer gewissen Höhe mehr oder weniger rasch zu heben. Folgen der Schneeschmelze aber keine weitern Niederschläge oder hat während dieser Zeit kein starkes Steigen des Davosersees stattgefunden, so fällt das Grundwasser wieder (1931/32 und 1934/35), um meist erst später mit der weitern Seehebung erneut zu steigen. Der Einfluß der letzten 5 m des Seeanstiegs ist besonders in den seebenachbarten Rohren 1 und 2 ein so gewaltiger, daß z. B. im Frühjahr 1935 der Anstieg des wenig über dem Seespiegel liegenden Grundwasserspiegels in Rohr 2 mehrmals 0,4—0,5 m pro Tag erreichen konnte.

Der See kann aber auch so rasch steigen, daß das Grundwasser gewissermaßen nicht mehr Schritt mit ihm halten kann und dabei der Spiegel des Sees höher als der des Grundwassers zu stehen kommt, wodurch ein Gefäll vom Davosersee beispielsweise zu Rohr 1 oder 2 entsteht und damit Wasser des Sees ins Grundwasser übertritt, um die bei der Seeabsenkung ausgeflossenen Grundwasserräume wieder aufzufüllen. (Beispiel: Gefäll für Rohr 2, 11. Juni 1932 = 0,5 m.)

Bis zu Rohr 13 ist die Einwirkung des Seeanstiegs auf den Grundwasserspiegel in allen Jahren gut ersichtlich; für die Rohre 14 und 15 ist eine solche nicht mehr eindeutig festzustellen, da die Miteinwirkungen des Niederschlags und anderer Gewässer (Landwasser-Dischmabach) den Einfluß des Davosersees überdecken oder aufheben. (Vgl. dazu den Gang der Rohre 16 und 17 auf Tafel 3, Fig. a und b.)

9. Seestand und Grundwasserstand in Rohr 12 für die Periode 1931/32 bis 1934/35.

Für jedes Rohr kann die Beziehung zwischen Grundwasserstand und Seestand gesucht werden, vorausgesetzt, daß es nicht trocken läuft. Wie auf Seite 31 schon erwähnt wurde, liefen aber die Rohre 1—7 in den Wintern 1931/32 bis 1934/35 trocken und eine Rekonstruktion der fehlenden Grundwasserstände wäre zu unbestimmt, um eine genaue Beziehung zwischen Grundwasser- und Seestand festzulegen.

Die Wahl und Verwendung der beobachteten Grundwasserstände von Rohr 12 haben nun gegenüber denen anderer Rohre den Vorteil, daß sie — mit Ausnahme eines Monats — für die ganze Beobachtungsperiode 1931/32 bis 1933/34 lückenlos vorliegen und daß dazu im Winter 1934/35 in Rohr 12, als einzigem Rohr dieses Winters, tägliche Grundwasserstandmessungen (ausgenommen Sonntags) vorgenom-

men wurden. Außerdem ist die Einwirkung der künstlichen Seeabsenkung auf den Grundwasserspiegel in Rohr 12, wie auf Seite 31 angegeben wurde, ein recht großer. Schon in Rohr 13 wäre die Einwirkung auf den Grundwasserspiegel eine bedeutend geringere und darum für die Darstellung auch weniger geeignete.

Figur 21 gibt den Kurvenverlauf während der einzelnen Beobachtungsjahre wieder; die Grundwasserstände von Ende März bis Ende April 1932 und für Mitte

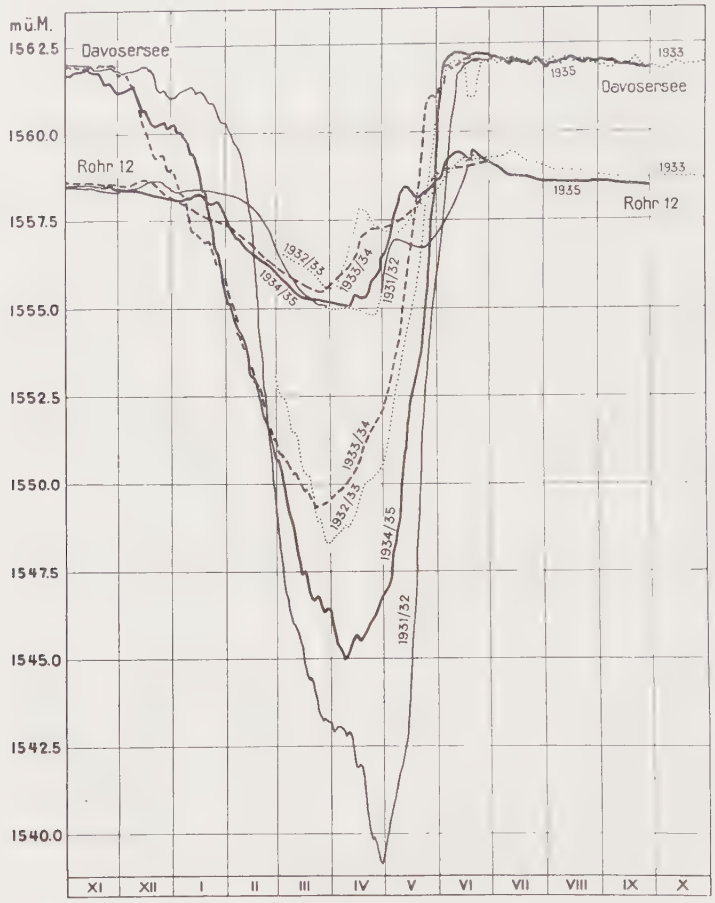


Fig. 21

Verlauf der Wasserstände des Davosersees und des Grundwassers in Rohr 12 während der Seeabsenkungen und Wiederauffüllungen, 1931/32 bis 1934/35.

April 1935 wurden dabei interpoliert. Trotz der starken Abwechslung im Kurvenverlauf der vier Jahre für das Grundwasser in Rohr 12 ist doch eine zugrunde liegende Linienführung vorhanden, welche allerdings stark modifiziert wird, einerseits durch den Beginn, das Maß und die Schnelligkeit der Seeabsenkung und anderseits durch die winterliche Schneemenge und die Zeitpunkte der Schneeschmelze im Frühjahr. In Figur 22 sind nun die See- und Grundwasserstände der einzelnen Beobachtungstage für die Dauer der jeweiligen Seeabsenkung und -wiederauffüllung der Jahre

1931/32 bis 1934/35 in Beziehung gesetzt und verbunden worden. Im ganzen Verlauf zeigen die beiden Jahre 1931/32 und 1934/35 zwei Extreme, währenddem die Jahre 1932/33 und 1933/34 — bis auf kleine Abweichungen in der Zeit der Schneeschmelze — einander sehr ähnlich und im großen ganzen wieder mit 1934/35 verwandt sind.

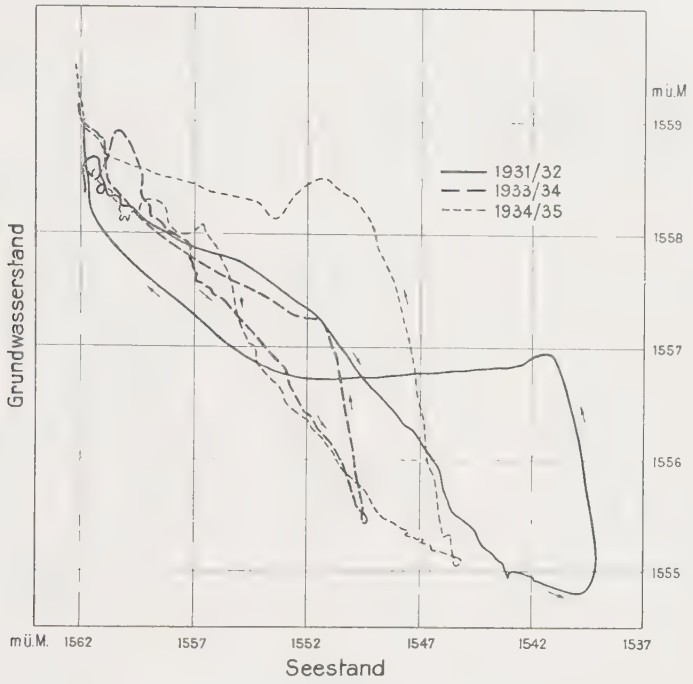


Fig. *22*

Beziehung zwischen See- und Grundwasserstand während der Seeabsenkungen und Wiederauffüllungen in den Jahren 1931/32, 1933/34 und 1934/35.

Für den Vergleich und die Gegenüberstellung der vier Jahre sind in der folgenden Tabelle die wichtigsten Werte angegeben:

Tabelle 13

Jahr	Seestand erreicht die Höhe		Dauer der Seeabsenkung von 1560 bis 1550 m	Grundwasserabsinken in dieser Zeit	Tiefste Seeabsenkung			Maximale Schneehöhe	
	1560 m	1550 m							
	Datum	Datum	Tage	m	Höhe	m	Datum	m	Datum
1931/32	4. Febr. 1932	28. Febr. 1932	24	1,36	1539.15	22,85	29. April 1932	0,85	4. Jan. u. 10. März 1932
1932/33	3. Jan. 1933	21. März 1933	77	[1])	1548.33	13,67	31. März 1933	0,70	22. März 1933
1933/34	18. Dez. 1933	16. März 1934	88	2,94	1549.33	12,67	24. März 1934	0,78	21. März 1934
1934/35	7. Jan. 1935	6. März 1935	58	2,28	1545.01	16,99	9. April 1935	1,58	27. Febr. 1935

[1]) 1932/33 sind die Beobachtungen unvollständig.

Die auffallende Eigenart des Jahres 1931/32 liegt also begründet

1. in dem späten Beginn der größern Seeabsenkung,
2. in der aber um so raschern Absenkung in den Monaten Februar und März 1932,
3. im tiefsten Seeabsenkungsbetrag aller vier Jahre und
4. in einem unter dem langjährigen Mittel liegenden maximalen Schneehöhenwert (1934/35 fast doppelt so hoch). Dies bedeutet, daß im Frühjahr eine unter dem Mittel liegende Schneeschmelze eintrat (vgl. *Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges).

In Figur 23 sind für die Seeabsenkung von 1560—1550 m die Dauer der Seeabsenkung und das Absinken des Grundwassers in Rohr 12 in Beziehung gebracht worden. Es ergibt sich: mit der Dauer, innerhalb deren der See um 10 m abgesenkt wird, nimmt das Grundwassersinken in Rohr 12 gleichsinnig zu; oder anders ausgedrückt: je rascher der Davosersee um 10 m abgesenkt wird, um so weniger sinkt der Grundwasserspiegel in Rohr 12. Die Figur 23 veranschaulicht, daß eine verhältnismäßig einfache Funktion zwischen Grundwasserabsinken in Rohr 12 und Dauer für die Seeabsenkung um 10 m besteht, obwohl nur eine indirekte Einwirkung des Sees auf das Grundwasser in Rohr 12 vorhanden ist (s. S. 32) und niemals Grundwasser von Rohr 12 gegen den Davosersee fließt.

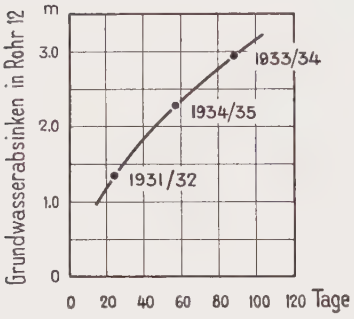


Fig. 23

Beziehung zwischen dem Absinken des Grundwassers in Rohr 12 und der Dauer der Seeabsenkung von 1560 auf 1550 m in den Wintern 1931/32, 1933/34 und 1934/35.

Je rascher aber der Seespiegel und je weniger der Grundwasserspiegel bei gleicher Seeabsenkung von 10 m abgesunken ist, um so größer ist die *Retention* von Grundwasser im Flüeladelta. Der Retentionsbetrag des Grundwassers nimmt gleichsinnig mit dem Grundwasserabsinken durch Seeabsenkung ab. Dies bedingt, daß z. B. bei rascher und tiefer Seeabsenkung wie im Winter 1931/32 der Retentionsbetrag im Flüeladelta ein größerer war als im Winter 1933/34, und darum auch trotz tiefer Seeabsenkung im Winter 1931/32 die aus dem Flüeladelta in den Davosersee fließende Grundwassermenge nur unwesentlich gegenüber 1933/34 vermehrt wurde. (Vgl. S. 31: 1931/32 stand das Grundwasser gegenüber 1933/34 in Rohr 12 nur um 0,65 m tiefer.) Nur dann könnte der ganze Retentionsbetrag langsam in Wochen aus dem Flüeladelta herausfließen, wenn der Davosersee sehr rasch abgesenkt und hierauf auf gleichem Niveau gehalten würde. Dies wird aber praktisch kaum je der Fall sein, so daß wir immer mit einem mehr oder weniger großen Retentionsbetrag für das Grundwasser im Flüeladelta rechnen müssen. Der Entzug von Grundwasser aus dem Flüeladelta und das Mehrabsinken des Grundwassers im Landwassertal durch die künstliche Seeabsenkung erreichte darum bis heute noch nicht seinen Höchstbetrag, und es ist unwahrscheinlich, daß er überhaupt erreicht wird und selten wird der Betrag für den Winter 1931/32 bedeutend überschritten werden.

Aus dem sehr regelmäßigen Kurvenverlauf und seiner etwa durch den Nullpunkt gehenden Verlängerung in Figur 23 darf für den oben angegebenen Grundwasserspielraum auf einen im großen ganzen ähnlichen geologischen Aufbau des Flüeladeltas ohne allzustarken Wechsel der Schichten und darum auch guten hydraulischen Zusammenhang geschlossen werden.

10. Flüelabach und Grundwasser.

Auf S. 20 u. 21 wurden schon die Verlustmengen und -strecken des Flüelabachs angegeben.[8]) Bei Hochwasser im Sommer und bei Eisbildung im Winter können die Verluste infolge vermehrter Versickerung durch die Ufermauern und Ueberflutung der Wuhrkrone das Mehrfache derjenigen bei niedern Wasserständen betragen und dabei auch auf Gewässerstrecken auftreten, die für gewöhnlich nach den Wassermessungen keine mehr ergaben.[9]) (Vgl. Uebersichtsplan, Tafel 1.)

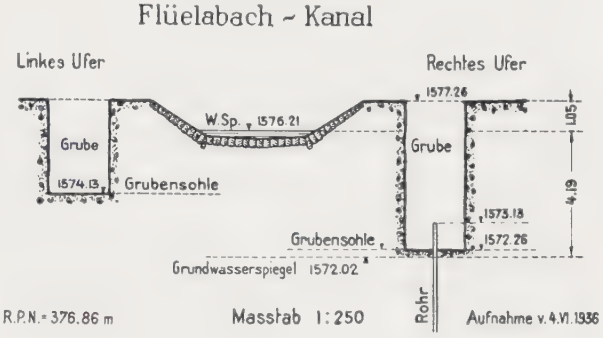


Fig. 24

a) Vergleich des Sommer- und Herbstganges des Flüelabachs mit dem des Grundwassers. Hochwasser des Flüelabachs (s. Tafel 3, Fig. b, S. 14).

Betrachten wir den Verlauf des Wasserstandes im Meßprofil IV des Flüelabachs, so sehen wir im Juni und Juli 1933 starke Wasserstandsschwankungen, hervorgerufen durch die wechselnden Einflüsse der Lufttemperatur auf die Schneedecke in den höhern Lagen und die Niederschläge in diesen Monaten. Das immer tiefer als der Flüelabach in Rohr 3 und 7 liegende Grundwasser nimmt öfters einen analogen Gang mit dem Flüelabachwasserstand im Meßprofil IV; diese Analogie rührt meist von den auf beide ähnlich einwirkenden Niederschlägen her (s. S. 57). Die ziemlich einfache Beziehung zwischen Flüelabach, Niederschlag und Grundwasser zeigen die Verhältnisse während des Hochwassers des Flüelabachs am 15. Juli 1933 (Tafel 3, Fig. b).

[8]) Verluste oberhalb der Meßstelle I sind nicht gemessen worden. Da die Lage des Grundwasserspiegels auch unbekannt ist, kann über die Möglichkeit eventueller Verluste und deren Menge oberhalb Meßstelle I nichts ausgesagt werden.

[9]) Mangels genügender Unterlagen konnte nicht ermittelt werden, wie die genauen Beziehungen zwischen dem Wasser des Flüelabachs und dem Grundwasser sind. Nach den vorliegenden Unterlagen kann nicht als sehr wahrscheinlich angenommen werden, daß das Bett des Flüelabachs von Meßprofil II talabwärts auf einem Grundwasserdamm fließt, und zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser ein direkter hydraulischer Zusammenhang besteht. Es wurde im Gegenteil aus den Höhendifferenzen des Wasserspiegels zwischen Flüelabach und Grundwasser (in der Grube bei der obersten Brücke rund 4 m [Fig. 24], in Rohr 9 etwa 3,5—4 m und in Rohr 6 etwa 3,5—4,5 m), und aus den Schwankungen des Grundwasserspiegels als wahrscheinlicher gefunden, daß das Verlustwasser des Flüelabachs im Flüeladelta unter die Sohle des Bachs bis zum etwa 3—4 m tiefergelegenen Grundwasser absickert.

In den Monaten August bis Oktober 1933 (Tafel 3, Fig. b) sind sowohl im Flüelabach wie im Grundwasser des Flüeladeltas einzelne fast gleichzeitige Anstiege zu beobachten, die jeweils von den Niederschlägen und ihrer Einwirkung auf beide herrühren. [10])

b) Vergleich des Winter- und Frühlingsganges des Flüelabachs mit dem des Grundwassers. Eisbildungen im Flüelabach (s. Tafel 3, Fig. b).

Im November, Dezember 1933, Januar und Februar 1934 sind verschiedene mehr oder weniger lang andauernde Eisbildungsperioden im Bereich der Meßstelle IV des Flüelabachs aufgetreten, bei denen die höchsten Wasserstände des ganzen Jahres gemessen wurden. Die kleine Eisbildung Anfang November 1933 mit einem Anstieg von nur 0,07 m machte sich nicht im Grundwasser und der Grundwasseranstieg Ende November 1933 (0,14 m durch eine kleine Schneeschmelze) machte sich umgekehrt auch nicht bei den Messungen des Flüelabachs bemerkbar. [11])

Die kurze Eisbildung vom 1. bis 4. Dezember 1933 bewirkte bei einem Gewässeranstieg von rund 0,4 m einen Grundwasseranstieg in Rohr 7 von 0,01 m, während das Grundwasser in Rohr 3 weiter fiel.

Am 9. Dezember 1933 bildete sich nach Beginn einer größern Kälteperiode, bei der die Wassertemperatur im Flüelabach auf 0,1 und 0,0 ° C fiel, eine neue starke Aufeisung im Meßprofil IV, die erst am 24. Dezember vollständig verschwand. Durch das Andauern der Kälte füllte sich das ganze Bachbett mit Eis an. Bei Meßstelle IV und weiter bachaufwärts wurde dabei das Flüelabett so stark aufgefüllt, daß sichtbar Wasser durch die Ufermauern hindurch und über sie auf die Straße trat. Der größte Teil des austretenden Bachwassers ging ins Grundwasser über und brachte dabei in wenigen Tagen einen für diese Zeit *ungewöhnlich starken Grundwasseranstieg*. Es wurden folgende Werte gemessen:

Tabelle 14

	Minimum		Maximum		Anstieg
	Datum	Höhe	Datum	Höhe	m
Flüelabach . Meßstelle IV	8. Dezember 1933	1564.62	13. Dezember 1933	1565.37	0,75
Rohr 3 . .	9. „ 1933	1560.98	15. „ 1933	1561.34	0,36
Rohr 7 . .	9. „ 1933	1560.12	15. „ 1933	1560.63	0,51
Schacht I .	9. „ 1933	1560.36	15. „ 1933	1560.82	0,46
Davosersee .	9. „ 1933	1561.39	15. „ 1933	1560.46	0,93

Die Einwirkung der Eisbildung im Flüelabachbett auf den Grundwasserspiegel in Rohr 7 ist sehr groß; der Anstiegswert wird nur für die gleiche Zeitspanne während der Schneeschmelze und künstlichen Seeauffüllung überschritten. Aber selbst in dem vom Flüelabach über 100 m entfernten Rohr 3 ist der Anstieg, wenn man den gleichzeitigen Einfluß der Seeabsenkung (0,93 m) in Betracht zieht, ein recht beträchtlicher.

[10]) Kein Tag ließ eindeutig nur die Einwirkung des Flüelabachs erkennen.

[11]) Dies dürfte von der nur einmaligen täglichen Messung herrühren.

War der Grundwasserspiegel in Schacht I am 9. Dezember 1933 1,03 m *unter* dem Seespiegel, so lag er am 15. Dezember 1933 0,36 m *über* dem Seespiegel; die Bewegung der beiden Wasserspiegel gegeneinander betrug somit während der Eisbildung innerhalb sechs Tagen 1,39 m.

Am 10. Januar 1934 stand das Wasser des Flüelabachs infolge neuer Eisbildung fast so hoch wie am 13. Dezember 1933 und es erfolgte trotzdem kein Grundwasseranstieg, auch kaum eine merkbare Verlangsamung des Grundwasserabsinkens. Es war nicht feststellbar, ob von der Dezembervereisung her die Uferböschungen des Flüelabachs weitgehend oder vollständig vereist geblieben waren und darum kein Bachwasser ins Grundwasser übertreten konnte oder ob in diesem Zeitpunkte schon die Einwirkung der Seeabsenkung auf den Grundwasserspiegel in den Rohren 3 und 7 so bedeutend geworden war, daß sie zusammen mit der kurzen Dauer der Vereisung das obige Resultat bewirkte.

Kleinere Eisbildungen im Flüelabach Ende Januar und Februar 1934 wirkten anscheinend wieder etwas auf das Grundwasser ein, und zwar im Sinne einer Verlangsamung des Grundwasserfallens. Wir können also feststellen, daß hauptsächlich je nach den wechselnden winterlichen Temperatur- und damit Eisverhältnissen des Flüelabachs die Einwirkungen einer Eisbildung auf den Grundwasserspiegel ausgeprägt oder kaum zum Ausdruck kommen können.

Im März wurde der minimale Wasserstand des Flüelabachs zeitlich vor dem des Grundwassers in Rohr 12 und 13 erreicht [12]); Ende März und im April 1934 bewirkte die Schneeschmelze sowohl einen Anstieg des Flüelabachs wie des Grundwassers im Flüeladelta [13]). Der weitere Gang des Wasserspiegels im Meßprofil IV wird vom 30. April bis 7. Juni 1934 durch die Einleitung des Flüelabachs in den Davosersee in seinen natürlichen Verhältnissen gestört.

Trotzdem zeigte sich auch hierbei, daß ein ähnlicher Verlauf des Flüelabachwasserspiegels nur mit dem Grundwasser in Rohr 7 vorhanden war, indem z. B. das Fallen des Flüelabachs am 6. Juni 1933 von einem Fallen des Grundwassers in Rohr 7 begleitet war, während gleichzeitig das Grundwasser in Rohr 3 in Zusammenhang mit der Seeauffüllung weiter stieg. Dies ist ein Beispiel für die nicht häufigen Fälle, bei denen auf den Grundwasserspiegel zweier benachbarter Rohre *zwei* verschiedene *Faktoren* einwirken und wobei dann in jedem Rohr einer der beiden *entgegengesetzt* wirkenden Faktoren in seiner *Einwirkung* dominiert.

Eisbildungen mit ihren Einwirkungen auf den Grundwasserspiegel wurden außer im Winter 1933/34 auch im Winter 1931/32 und 1934/35 beobachtet (s. Tafel 3, Fig. a und b, S. 14).

11. Landwasser und Grundwasser.

Das im vorhergehenden (Flüelabach und Grundwasser) Gesagte, gilt auch sinngemäß für die Fortsetzung des Flüelabachs: das Landwasser, insbesondere soweit, als der Wasserspiegel des Landwassers höher als der des Grundwassers liegt, was etwa bis zur Dischmabacheinmündung der Fall ist. Von der Einmündung des Dischmabachs an bis zur Meßstation Arenno wechseln die Beziehungen zwi-

[12]) In Rohr 12 und 13 wirkte die Seeabsenkung noch weiterhin.

[13]) Die Seeauffüllung bewirkte auch einen Anstieg des Grundwassers.

schen Landwasser und Grundwasser mehrmals. In Rohr 17 liegt der Grundwasserspiegel meist um 0,3 m höher als der Landwasserspiegel und die verschieden hohen Landwasserstände, z. B. in der Zeit April—Juni der Jahre 1932—1934, machen sich im Grundwasserstand recht gut bemerkbar. Auch ein künstlicher Stau im Landwasser (Kabelreparatur) im März 1933 hob den Grundwasserspiegel in Rohr 17 um 0,1 m.

Die Zahl der Eisbildungen im Landwasser ist bedeutend kleiner als die im Flüelabach und darum kommen auch weniger große Grundwasseranstiege durch Eisbildung in den Rohren 14—17 vor.[14])

Verlust des Landwassers. Mühlehofkanal und rechtsufriger Grundwassergraben Gadenstatt.

Um die direkten Verluste des Landwassers von der Meßstelle bei Rohr 12 bis vor die Einmündung des Mühlehofkanals bei Rohr 14 (Tafel 1) zu bestimmen, wurden am 19. Dezember 1934 an beiden genannten Stellen und am Ende des Mühlehofkanals Wassermessungen ausgeführt. Die Wassermessungen ergaben:

Landwasser bei Rohr 12	263 l/sec
Landwasser bei Rohr 14	198 l/sec
Verluste im Landwasser von Rohr 12—14 .	65 l/sec
Mühlehofkanal bei Rohr 14	74 l/sec

Aus den Gesamtverhältnissen ergibt sich, daß die Verluste des Landwassers nicht nur in den Mühlehofkanal gehen können, sondern auch in den rechtsufrigen tiefergelegenen Grundwassergraben Gadenstatt. Wenn wir annehmen, daß vielleicht etwa 20 l/sec in den rechtsufrigen Grundwassergraben übertreten, so müssen etwa 45 l/sec in den Mühlehofkanal verloren gehen. Mit der Differenz zwischen 74 l/sec und 45 l/sec = 29 l/sec müßte außerdem das übrige Grundwasser den Mühlehofkanal speisen. Daß die Grundwasserzutritte zum untern Teil des Mühlehofkanals in Wirklichkeit große sind, beweist der im Winter besonders auffallende Umstand, daß der Mühlehofkanal wärmeres Wasser als das Landwasser hat und bei starker Kälte höchstens überfrieren kann, um meist bereits am Abend wieder offen zu sein, während sich im Landwasser zur gleichen Zeit Grundeis bilden kann. (Vgl. S. 72—74 Gewässer- und Grundwassertemperatur.) Dieses relativ warme Wasser des Mühlehofkanals bewirkt übrigens zugleich, daß das Landwasser unterhalb der Einmündung dieses Kanals selten gefriert. Der Mühlehofkanal bildet neben den links- und rechtsufrigen Grundwassergräben Gadenstatt einen wichtigen Vorfluter des Grundwassers, weil er meist tiefer als das Landwasser und in seinem untern Teil auch tiefer als das Grundwasser in Rohr 14 liegt.[15])

12. Wechselnde Beziehung des Landwassers und Grundwassers zwischen Meßstelle „z" und Arenno.

In Figur 25 sind die minimalen und maximalen Landwasser- und Grundwasserstände sowie diejenigen vom 9. November 1934 eingetragen und dann die einzelnen

[14]) Vergleiche die Uebergangsstellung zwischen Flüeladelta und Landwassertal in den Grundwasserständen der Rohre 12 und 13 im Dezember 1931 auf Tafel 3, Fig. a.

[15]) Die wechselnden Verhältnisse Mühlehofkanal-Grundwasser in Rohr 13 zeigt das Profil in Figur 35.

Punkte des Grundwasserspiegels durch eine Gerade, die des Landwassers, nach dem Längenprofil *(Rheingebiet* [71]), verbunden worden. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse noch komplizierter als sie in Figur 25 dargestellt wurden; sie mußten aber mit den vorhandenen Unterlagen etwas schematisiert werden.

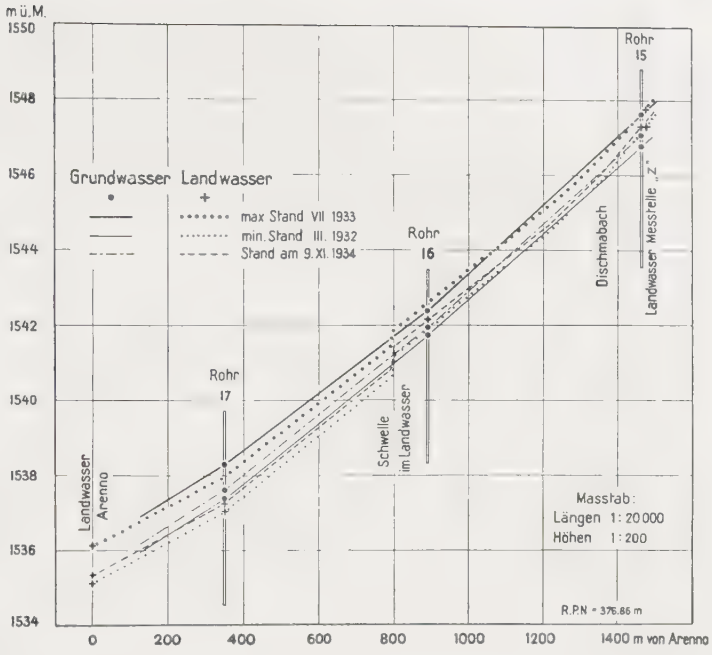


Fig. 25

Beziehungen zwischen den Landwasserständen längs der Strecke Landwasser, Arenno—Meßstelle « z ».

Die Figur zeigt, daß *unterhalb* der Einmündung des *Dischmabachs* das *Grundwasser höher als das Landwasser* liegt, wodurch an durchlässigen Stellen der Ufermauern Zutritte des Grundwassers zum Landwasser stattfinden können. Umgekehrt ist der Fall bei Rohr 16: Wasser des Landwassers kann ins Grundwasser übertreten, falls die Ufer durchlässig sind.

Aus den Ständen der verschiedenen Zeitpunkte geht hervor, daß die Uebertritte sowohl bei maximalem wie bei minimalem Stand in gleicher Richtung vorhanden sein werden.

Die beobachteten Grundwasserzutritte stimmen mit den aus Figur 25 abgeleiteten genau überein: *Grundwasserzutritte* wurden *am Landwasser* auf der rechten Talseite am Ende des Schiabachschuttkegels und auf beiden Seiten oberhalb Rohr 17 beobachtet.

Wäre die Schwelle für die *Stauung des Körberkanals* nicht vorhanden, so würde von der Einmündung des Dischmabachs bis unterhalb Rohr 17 nur Grundwasser zum Landwasser zutreten können und die Verhältnisse gegenüber den festgestellten wären dann einfachere: bis zum Dischmabach wäre das Grundwasser im allgemeinen tiefer und unterhalb des Dischmabachs höher als das Wasser des Landwassers.

13. Beziehung der übrigen Bäche und Gräben zum Grundwasser.

Außer den genannten Wasserübertritten aus dem Flüelabach, dem Landwasser und — zeitweise — aus dem Davosersee ins Grundwasser, finden auch Wasserübertritte aus dem *Seewasser* ins Grundwasser und umgekehrt je nach Bachstrecke und Jahreszeit statt. Aus den verschiedenen Grundwassergefällen (Fig. 32, S. 60) ergibt sich ein Bild der wechselnden Fließrichtung.

Eisbildungen im *Dischmabach* können Grundwasseranstiege in Rohr 15 und 16 bedingen (z. B. 19. Januar 1932); solche im *Körberkanal* bedingen ein schwaches Steigen des Grundwassers in Rohr 17 (25. Januar 1934). Da keine weitern Unterlagen vorhanden sind, kann sonst nichts über die Beziehungen des Dischmabachs und Körberkanals zum Grundwasser berichtet werden.

Weiteres Wasser fließt dem Grundwasser der Davoserebene auch aus dem Schutt der Gehänge zu. Besonders auf der rechten Landwasserseite kam beim Ausheben von Fundamenten in Davos-Dorf und -Platz oft *Gehängewasser* zum Austritt und bereitete manche Schwierigkeiten. Heute ist es meist gefaßt und wird dann entweder der Kanalisation zugeleitet oder in kleinen Gräben über den breiten Talgrund geführt, wobei sich mehrere Gräben vereinigen können. Die Lage der Gräben ist in Tafel 1 eingetragen.

Einen Vorfluter für Gehängegrundwasser bildet auch der rechtsufrige Grundwassergraben II, aus dessen Wassertemperatur und regelmäßigem Wasserstand schon zu schließen ist, daß er im wesentlichen nur Grundwasser führt (Fig. 36, S. 65).

Auf der linken Talseite kommt Gehängewasser « Auf den Riedern » hervor, wo, wie der Name sagt, sumpfiger Riedboden ist. Der linke der beiden Gräben bei Rohr 14 führt immer wenig Wasser, das darum im Winter relativ kalt und im Sommer relativ warm ist, während der rechte Graben immer viel Wasser führt, welches im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm ist.

In den Wassergräben bei Rohr 16 und 17 fließt auch Gehängewasser, welches in der Talebene durch Grundwasser vermehrt wird, in dem u. U. auch Verlustwasser des Landwassers und des Körberkanals enthalten sein kann.

Bemerkenswert erscheint uns, daß auf der linken Hangseite des Flüeladeltas kein offener Wasserlauf existiert. Größeres Gefälle der Hänge und des Deltas und vielleicht durchlässigere Sedimente (keine Versumpfung) können der Grund sein, daß der Abfluß im allgemeinen nur unterirdisch erfolgt.

Am Hange des Seehorns, gegen das Flüeladelta hin, tritt bei der Basler Heilstätte eine Gehängequelle auf, die im Winter 10—15 l/min ergibt. Ihr Wasser wird einem Sammelgraben im Flüeladelta zugeleitet, der auch noch Grund- und Abwasser aufnimmt und durch Schacht « n » (siehe Tafel 1) und die Flüelabachzuleitung dem Davosersee zugeführt wird.

An vielen Stellen des Flüeladeltas und der Landwasserebene versickern aber auch — meist unsichtbar — *Abwässer* direkt aus Gräben oder aus Absitz- und Mistgruben im Boden, wodurch das Grundwasser künstlich vermehrt und beeinflußt wird. [16])

Die zahlreichen kleinen Gräben in den « Seewiesen » führen entweder, wenn bei Schneeschmelze oder bei sehr großen Niederschlägen nicht alles Wasser im Boden einsickern kann, Wasser, oder wenn bei hohem Grundwasserstand die Gräben zu Vorflutern des Grundwassers werden. Tritt das Letztgenannte ein, so steht Rohr 2, das in einem Graben liegt, bis 0,2 m im Wasser, wobei sich im Rohr der Grundwasserspiegel etwa auf gleicher Höhe befindet.

Schneeschmelze und Hochwasser, zusammen mit hohem Grundwasserstand, können überhaupt an vielen Stellen der tiefstgelegenen Teile der Davoserebene

[16]) Besonders bemerkbar in der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers (und einiger Grundwassergräben).

eine Ueberflutung bedingen. Solche Ueberflutungen treten ziemlich regelmäßig im Frühjahr u. a. bei Schacht I, bei Rohr 12, zwischen Landwasser und Mühlehofkanal auf. (Im Uebersichtsplan, Tafel 1, sind die Wasseraustritte beim Hochwasser 1935 eingetragen worden.)

Auch wenn keine direkte Ueberflutung sichtbar ist, kann an gewissen Pflanzenassoziationen das sehr oberflächennahe Grundwasser erkannt werden. Besonders schön lassen sich im Juni, wenn ganze Flächen mit weißblühendem Wasserhahnenfuß bestanden sind, solche Stellen von ihrer Umgebung unterscheiden.

14. Vergleich der Monatsmittel der Wasserstände des Davosersees, Flüelabaches, Landwassers und der Rohre 3 und 7.

Die Figur 26 zeigt den einzelnen Kurvenverlauf vom Juni 1933 bis Januar 1934, da bis zu diesem Zeitpunkt die Beobachtungen in Rohr 3 ununterbrochen vorlagen, während der Stand für den Januar 1934 in Rohr 7 durch Interpolation ermittelt werden mußte.

Im allgemeinen entspricht in den Monaten Juni bis November der Verlauf der Gewässer — Flüelabach und Landwasser — dem des Grundwassers in Rohr 3 und 7, hingegen verläuft die Seestandskurve dazu verschieden. Deutlich nimmt der Davosersee im August und November 1933 einen — durch Pfeile angedeuteten — dem Grundwasser, dem Flüelabach und dem Landwasser entgegengesetzten Verlauf. Im Dezember steigt infolge starker Eisbildung der Flüelabach im Meßprofil IV an, während gleichzeitig die Grundwasserstandskurve von Rohr 3, in der sich schon die Einwirkung der Seeabsenkung bemerkbar macht, fällt und allein das Landwasser unbeeinflußt bleibt.

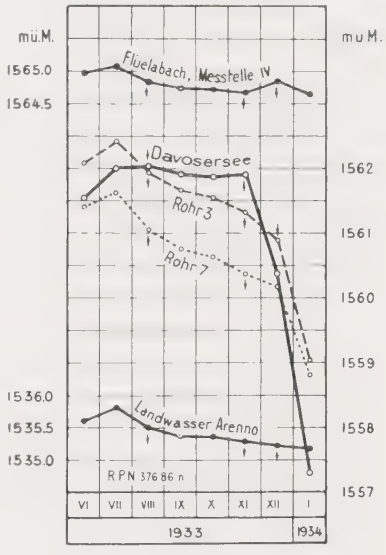


Fig. 26

Hingewiesen sei auch auf die verschiedene Lage des Grundwasserspiegels in Rohr 3 gegenüber dem des Davosersees für die dargestellte Beobachtungszeit, und darauf, daß das Grundwasser in Rohr 3 etwas langsamer als in Rohr 7 fällt, solange der Davosersee seinen normalen Stand hat. Dies dürfte auf den Umstand zurückzuführen sein, daß der hydraulische Zusammenhang Davosersee—Grundwasser sich in dem see-entfernten Rohr 7 weniger als in dem benachbartern Rohr 3 geltend macht.

H. Beziehung zwischen Niederschlag und Grundwasser.

Die Wirkung des Niederschlags auf den Grundwasserspiegel ist in den verschiedenen Jahreszeiten je nach der Art des Niederschlags, dem Beobachtungsort, den allgemeinen Verhältnissen des Bodens, der Luft und der Gewässer eine sehr ungleiche. Wir betrachten im folgenden zuerst den Einfluß des Niederschlags als Schnee, dann als Regen auf das Grundwasser.

1. Einfluß der Schneedecke und der Schneeschmelze auf den Grundwasserspiegel.

Schnee als winterlicher Niederschlag hält besonders im Hochgebirge *gewaltige Wassermengen* bis zum Eintritt warmer Witterung zurück. Dadurch wird die Einwirkung des Niederschlags auf den Grundwasserspiegel zeitweise verhindert oder verzögert. Mit Eintritt der warmen Witterung beginnt die Schneeschmelze und mit ihr das Anschwellen der Wasseradern. Ein Teil des Schmelzwassers (mit oder ohne Regen) versickert und wird dem Grundwasser zugeführt.

Davos liegt meist von Mitte November bis Mitte April im Schnee. *Kleine Schneeschmelzen* treten oft schon zu Beginn des Winters ein, die *eigentlichen Schneeschmelzen* fallen aber erst ins *Frühjahr*. Unter dem Einfluß der *Schneedecke* und der damit verhinderten Einsickerung *sinkt der Grundwasserspiegel* im allgemeinen. (Vgl. Tafel 3, S. 14: Grundwasser in Rohr 16 und 17.)

Anfang und Ende der Schneeschmelze sind nach den Schneebeobachtungen auf « Praders Wiese » beim Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos-Platz für die fünf Jahre 1930/31 bis 1934/35 in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 15

Jahr	Anfang		Ende	Dauer	Abschmelzung
	Schneehöhe m	Datum	Datum	Tage	cm/Tag
1930/31	0,71	1. April 1931	25. April 1931	24	3,0
1931/32	0,66	13. „ 1932	30. „ 1932	17	3,9
1932/33	0,70	22. März 1933	12. „ 1933	21	3,3
1933/34	0,78	21. „ 1934	7. „ 1934	17	4,6
1934/35	1,10	18. April 1935	13. Mai 1935	25	4,4

Im allgemeinen verlaufen die Schneeschmelzen des Frühjahrs in der Davoserebene ziemlich ähnlich: zu Beginn werden die südexponierten Hänge und Stellen frei, es folgen die andern Lagen und am Ende liegt nur noch in der eigentlichen Talebene (besonders wegen der Temperaturumkehr) und an den Nordhängen etwas Schnee. Mit der Zeit treten immer mehr schneefreie Plätze auf, während in Mulden und Geländevertiefungen der Schnee ganz wäßrig wird und sich kleine und größere Tümpel bilden. Meist bleibt das Wasser in solchen tiefergelegenen Stellen noch einige Zeit stehen, weil bei großen Wassermengen (vgl. Tab. 16: fast 400 mm!) die Einsickerung verhältnismäßig langsam vor sich geht und der Boden nicht alles Schmelzwasser schlucken kann. Die Folge ist, daß Schneeschmelzwasser abfließt bis es offene Gewässer erreicht. So fließt z. B. ein großer Teil des Schmelzwassers in den « Seewiesen » oberirdisch unter Benutzung der Gräben des Flüeladeltas oder direkt über die Seeufer dem — um diese Zeit meist abgesenkten — Davosersee zu. Aehnlich sind die Vorgänge am Nordufer des Sees; am Nord- und Südufer werden dabei kleine Rinnen im Ufer ausgespült, die bei der Seeauffüllung durch den Wellenschlag wieder ausgeglichen werden.

Es wäre noch die Frage des *Bodenfrostes* und seiner Einwirkung auf den Verlauf der Schneeschmelze im Frühjahr zu erörtern. Befände sich nämlich eine Frostschicht unter der winterlichen Schneedecke und taute sie erst spät auf, so würde trotz einer großen Wassermenge nur ein kleiner Teil des Schmelzwassers durch Einsickerung bis zum Grundwasser gelangen, während der größte Teil oberirdisch

abfließen würde. Nun geht aber aus den Untersuchungen des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos und denjenigen in Les Avants hervor[17]), daß wenn genügend Schnee liegt, der Boden nicht mehr gefriert und dann schon in 0,1 bis 0,3 m eine ziemlich konstante Bodentemperatur herrscht. Eine im Anfang des Winters gebildete Frostschicht könnte vielleicht bei Schneelage im Laufe des Winters durch die Bodenwärme wieder aufgetaut werden. (Vgl. die winterlichen Grundwassertemperaturen in den Rohren 14—17 mit oberflächennahem Grundwasserspiegel in Fig. 37, S. 66.)

Einer mündlichen Mitteilung von Herrn Ing. *Ingold,* Davos, entnehmen wir, daß dort wo der Schnee künstlich zusammengedrückt wird (Wege, Straßen, Plätze usw.), und an Mauern ohne Schneedecke der Frost z. T. in bedeutende Tiefen (1,4 m im Jahre 1932) einzudringen vermag. Unter « wasserzügigen » Schichten soll — nach Herrn Ingold — latente Wärme abgegeben werden, so daß an solchen Stellen bei Schneeschmelze immer eine gute Einsickerung stattfinden kann.

Betrachten wir die Einwirkungen der einzelnen *Schneeschmelzen* auf den Grundwasserspiegel in den *Untersuchungsjahren* (vgl. Tafel 3, Fig. a und b, S. 14).[18])

1932: Der Winter hatte eine Schneehöhe unter dem langjährigen Mittel. Ende März trat föhniges Wetter ein; am 3. April meldete der Kurverein: Station schneefrei (Flachdach des Kurvereinsgebäudes); am selben Tage wurden auf « Praders Wiese » hinter dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium noch 0,35 m Schnee gemessen. Am 5. April konnte gegenüber dem 1. April ein Grundwasseranstieg in den Rohren 13—17 mit 0,03—0,16 m festgestellt werden.[19]) Kälte und größere Neuschneefälle zusammen mit Seeabsenkung ließen das Grundwasser in den Rohren 13—15 wieder bis nach dem 20. April fallen. Die nun folgende Wärme brachte die zweite, eigentliche Schneeschmelze des Frühjahrs, wodurch am 29. April die Dachstation des Kurvereins und am 30. April Praders Wiese schneefrei wurden und der Grundwasserspiegel in den Rohren 13—15 um 0,27—0,84 m, in den Rohren 16—17 um 0,20—0,25 m stieg. Bei den Messungen vom 3. und 7. Mai hielten die Grundwasseranstiege in den Rohren an, besonders die durch Seeabsenkung gesunkenen Grundwasserspiegel stiegen rapid, so z. B. in Rohr 12 vom 30. April bis zum 3. Mai um 1,05 m, also im Tagesmittel 0,35 m und in Rohr 13 in derselben Zeit um 0,20 m im Tag. Mitte Mai bis etwa zum 24. Mai fielen trotz zeitweise kleinern Niederschlägen die Grundwasserspiegel in den Rohren 12—14, während eine letzte, verzögerte Auswirkung der Schneeschmelze zusammen mit der Seeauffüllung in den Rohren 1—3 als wellenförmige Grundwasserbewegung zu sehen war.

Die weitern *Anstiege des Grundwassers* sind entweder, in den seebenachbarten Rohren durch die *künstliche Seeauffüllung,* in den seefernern durch die *Anstiege des Flüelabachs und Landwassers* infolge der *Schneeschmelze in den höhern Lagen* der Landschaft Davos oder hauptsächlich durch *Niederschläge* bedingt, so daß sich bis Mitte Juni (solange erfolgten Messungen) die Schneeschmelze der Hochlagen

---

[17]) Mitteilung von *Chorus* und *Levi* in den Verhandl. S. N. G. und persönliche Mitteilung von Herrn Dr. *Mörikofer,* ferner *O. Lütschg:* La Baye de Montreux, Zürich 1935.

[18]) Der genaue Gang konnte bei nur einmaliger wöchentlicher Beobachtung (z. B. 1933/34) natürlich nicht so gut ermittelt werden wie bei täglicher Messung (1934/35).

[19]) Die Quellergiebigkeit nahm auch zu; z. B. Tobelmühle 29. März 1932: 510 l/sec und 6. April 1932: 550 l/sec.

und damit verbundenes Hochwasser der Gewässer auch im Grundwasserstand der Davoserebene zeigt (vgl. Tafel 3, Fig. a).

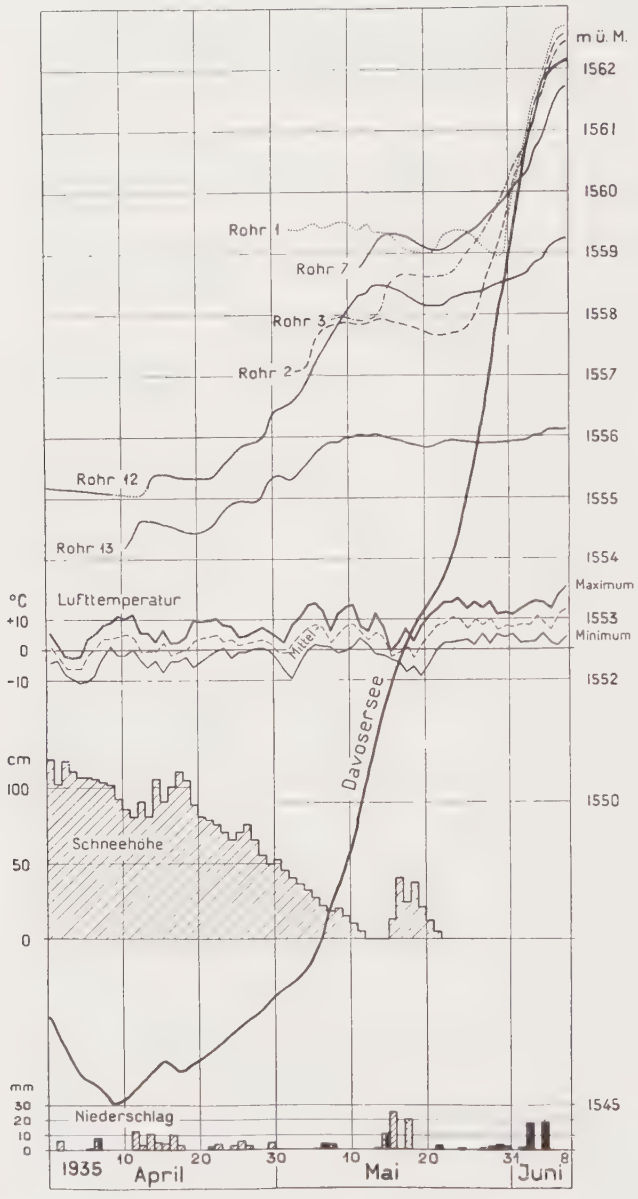


Fig. 27

Verlauf der Grundwasser- und Seestände, der Lufttemperatur und des Niederschlages in der Auffüllungs- und Schneeschmelzperiode vom 1. April bis 8. Juni 1935.

1933: Der Winter war schneearm. Am 31. März ist die Dachstation des Kurvereins schneefrei; am 4. April zeigt sich in den Rohren 14—16[20]) durch Schneeschmelze ein Grundwasseranstieg, der weiterhin vom 11. bis 18. April, z. T. durch Niederschläge etwas mitbedingt, in den Rohren 12—17 festzustellen ist (Tafel 3, Fig. b).

Mit der Schneeschmelze in Zusammenhang steht bei gleichzeitiger Seeauffüllung der wellenförmige Grundwasserverlauf in den Rohren 1—3, ähnlich wie 1932. Der weitere Grundwassergang ist ebenfalls ähnlich wie im Frühjahr 1932, hauptsächlich durch Seeauffüllung, Gewässerstand und Niederschläge bedingt.

1934: Auch dieser Winter war schneearm. Mitte März sind kleine Anstiege des Grundwassers (0,01 m) in den Rohren 14—17 festzustellen; sie dürften von kleinen Abschmelzungen der Schneedecke herrühren. Ende März, mit der Zunahme der Wärme, wird der Grundwasseranstieg schon etwas größer und dauert in den Rohren 12—17 bis Mitte April. Dem Grundwasseranstieg in Rohr 12 folgt nach der Schneeschmelze kein Grund-

[20]) Rohr 17 war durch einen künstlichen Stau (Kabelreparatur) beeinflußt.

wasserabfall; aus den Witterungsverhältnissen allein läßt sich dieser Unterschied gegenüber 1933 nicht erklären.[21])

1935: Dieser Winter gehörte zu den schneereichen. Um einen bessern Einblick in die Beziehung zwischen Schneeschmelze und Grundwasseranstieg zu gewinnen, wurden nun für die Zeit der Schneeschmelze bis zur vollständigen Seeauffüllung Messungen des Grundwasserstandes in den Rohren 1, 2, 3, 7, 12 und 13 täglich (ausgenommen einige Tage) vorgenommen. Die Ergebnisse der Messungen des Grundwasserstandes wurden mit denen des Seestandes, der Lufttemperatur und der Niederschlags- und Schneehöhe für die Zeit vom 1. April bis 8. Juni 1935 in Figur 27 zusammengestellt und es sei darum hier auf eine Wiedergabe aller Einzeldaten verzichtet.

Im Hinblick auf die Einwirkung der Schneeschmelze auf den Grundwasserspiegel seien auch einige nicht dargestellte Ergebnisse der Schneemessungen im Flüeladelta mitgeteilt:

Tabelle 16

Datum	Lufttemperatur	Lage des Meßortes	Schneehöhe	Wasserwert des Schnees	Schneedichte
1935	°C		m	mm	
8. März	— 13,6	Bei Rohr 1	1,48 (1,48)[1])	333	0,225
20. „	— 0,9	Zwischen Rohr 1 und 2	1,25 (1,11)	382	0,305
9. April	3,7	Bei Rohr 2	1,03 (1,01)	363	0,353
24. „	2,4	Bei Rohr 6	0,94 (0,70)	385	0,409
30. „	2,2	Mitte Seewiesen	0,66 (0,49)	280	0,424
8. Mai	2,1	Bei Rohr 1	0,33 (0,18)	157	0,545

[1]) In der Klammer wurde zum Vergleich mit dem Flüeladelta der Schneehöhenwert auf Praders Wiese angegeben. Dieser Vergleich zeigt die ähnlichen Werte beider Schneehöhen; zum Ausdruck kommt aber, daß die «Wiese» exponierter liegt und darum die Schneehöhe von April an etwas rascher abnimmt.

Bereits im März 1935 sackt der Schnee zusammen und die Schneedichte nimmt zu. Im April bewirkt die Lufttemperatur über 0 ° ein weiteres Zusammensacken des Schnees; die Schneedichte beträgt Ende April fast das Doppelte derjenigen von Anfang März. Der Wasserwert am 30. April hat gegenüber dem vom 24. April um rund 100 mm abgenommen und nimmt in den folgenden acht Tagen bis auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes ab, wobei gleichzeitig bei einer sehr kleinen Schneehöhe die Schneedichte ihr — gemessenes — Maximum mit 0,545 erreicht. Die Abnahme der Wasserwerte des Schnees stellt die Höhe einer Wassersäule dar, die — neben einer kleinen Verdunstungshöhe — zum Abfluß kommt: ein Teil fließt wie beschrieben oberirdisch ab, ein anderer Teil sickert in den Boden und vermag in durchlässigen Schichten bis zum Grundwasserspiegel vorzudringen.

Der Grundwasseranstieg vom 24. bis zum 30. April 1935 beträgt in Rohr 12 rund 0,7 m und derjenige in Rohr 13 rund 0,5 m (vgl. Fig. 27).[22]) Nach den Bestimmungen von Seite 9 können wir eine spezifische Wasserlieferung von etwa 20 % annehmen, so daß der Grundwasseranstieg einer Wassersäule von rund

[21]) Wahrscheinlich konnte ein Abfall des Grundwassers durch die Wahl der Beobachtungstage nicht erkannt werden (vgl. Rohr 13, in dem das Grundwasser fiel).

[22]) Das Landwasser konnte in dieser Zeit keinen Anstieg des Grundwassers bedingen (Anstieg nur 0,01 m).

140 mm Höhe für Rohr 12 und von rund 100 mm Höhe für Rohr 13 entspricht. Aus der Abnahme der Wasserwerte des Schnees im Flüeladelta haben wir (s. oben) eine ähnliche Höhe erhalten wie sie dem Grundwasseranstieg in Rohr 13 entspricht.

Wir halten diese Aehnlichkeit durch keinen direkten Zusammenhang gegeben, denn erstens fließt das Schmelzwasser von den Hängen in die Talebene, zweitens fließt ein Teil des Schmelzwassers oberirdisch ab und drittens ist das Grundwasser in keinem abgeschlossenen Becken.

Das eben Festgestellte gilt auch für die Zeit vom 30. April bis zum 8. Mai: Der Grundwasseranstieg in Rohr 12 betrug rund 1,4 m, was einer Wassersäule von 280 mm entspricht, und in Rohr 13 rund 0,65 m, entsprechend einer Wassersäule von 130 mm. Die Abnahme des Wasserwertes des Schnees für die gleiche Zeit mit rund 120 mm würde scheinbar wieder gut mit dem Wert für Rohr 13 übereinstimmen. Außer den schon geäußerten Einwänden käme in diesem Fall noch hinzu, daß ein sehr großer Unterschied in dem Wasserhöhenwert für den Grundwasseranstieg zwischen Rohr 12 und Rohr 13 besteht.

Wir können die Parallelität in beiden Beobachtungswochen der Schneeschmelze vielleicht als eine « zufällige » bezeichnen, als « zufällig » in Rohr 13 die Vermehrung des Grundwasserabflusses durch die Schneeschmelze in beiden Fällen eine Wasserhöhe ergab, die fast gleich der Abnahme des Wasserwertes des Schnees war.

Aus Figur 27 ist ersichtlich: das Grundwasser in jedem Rohr hat zur Zeit der Schneeschmelze neben einer im großen und ganzen mit den andern Rohren gemeinsamen Bewegung auch eine « individuelle » Spiegelbewegung, die wesentlich durch die lokale Lage und die lokalen Verhältnisse (Entfernung vom Gewässer usw.) bedingt ist. Besonders eindrucksvoll ist die Grundwasserbewegung in den beiden Rohren 12 und 13; wir wollen sie noch etwas näher betrachten. [23])

Tabelle 17

Lufttemperatur	Grundwasser				Bewegungsverzögerung Lufttemperatur-Grundwasser in Rohr	
	in Rohr 12		in Rohr 13			
Datum	Datum	Stand unter Erdoberfläche	Datum	Stand unter Erdoberfläche	12	13
1935	1935	m	1935	m	Tage	Tage
Maximum 9. bis 12. April	Maximum 15. bis 17. April	4,47	Maximum 13. bis 15. April	2,21	5—6	3—4
Min. 17. April	[2])	—	Min. 20. „	2,40	—	3
Max. 23. „	26. April	4,03	26. „	1,89	3	3
Min. 26. „	[2])	—	Min. 28. „	1,89	—	2
Max. 29. „	1. Mai	3,40	Max. 1. Mai	1,46	2	2
Min. 2. Mai	3. „	3,28	Min. 3. „	1,54	1	1
Max. 6. „	[2])	—	[2])	—	—	—
Min. 8. „	[2])	—	Min. 9. Mai	0,92	—	1
Max. 11. „ [1])	12. Mai	1,53	Max. 12. „	0,78	1	1

[1]) Die danach folgende zweite kleinere Schneeschmelze, die bei steigender Lufttemperatur am 22. Mai beendet war, brachte nochmals einen kleinen Grundwasseranstieg (Fig. 27). Anschließend wurde aber die Einwirkung durch die Seeauffüllung auf das Grundwasser so vorherrschend, daß von einer Wiedergabe der Daten abgesehen werden mußte.

[2]) Datum nicht genau zu ermitteln. Die Verzögerung kann darum auch nicht angegeben werden.

[23]) Der tiefste Grundwasserstand in Rohr 12 konnte, weil das Rohr trocken gelaufen war, nicht ermittelt werden. — Unsicher bleibt auch, ob die erste Messung in Rohr 13 schon durch die Schneeschmelze beeinflußt war oder nicht.

Die Grundwasserbewegung in Rohr 12 und 13 ist abgestuft wellenförmig, wobei die Abstiege der Wellen in Rohr 13 ausgeprägter sind und dafür in Rohr 12 ausgezogener erscheinen. Diese *wellenförmige Grundwasserbewegung* stellt deutlich ein in ihrer Allgemeinbewegung *abhängiges und verzögertes Bild der Lufttemperaturbewegung während der Schneeschmelze* dar.[24]) Dies soll die vorstehende Tabelle im einzelnen noch besser zeigen; wir sind uns dabei klar, daß zur exakten Bestimmung der Verzögerung ein Mehrfaches der zugrunde liegenden Beobachtungsdaten nötig wäre.

Die Bewegungsverzögerung des Grundwasserstandes gegenüber der Lufttemperatur beträgt bei großer Entfernung des Grundwasserstandes unter der Erdoberfläche (und großer Schneehöhe) im allgemeinen mehr als bei oberflächennahem Grundwasserstand (und geringer Schneehöhe). Die Einzelwerte der Bewegungsverzögerung Lufttemperatur—Grundwasser wurden nun mit der Tiefe des Grundwasserspiegels unter Terrain in Beziehung gebracht und ergaben Figur 28. Die Punkte für Rohr 12 und besonders die für Rohr 13 streuen stark.[25]) Trotz der Streuung der Einzelpunkte läßt sich aber eine Beziehung zwischen der Lage des Grundwasserspiegels und der Bewegungsverzögerung Lufttemperatur—Grundwasser erkennen, oder anders ausgedrückt: die *Grundwasserspiegellage* und damit die *Einsickerungstiefe des Schmelzwassers* bis zum Grundwasser *bedingt* weitgehend die festgestellte *Bewegungsverzögerung* zwischen der *Lufttemperatur* und dem *Grundwasser*.

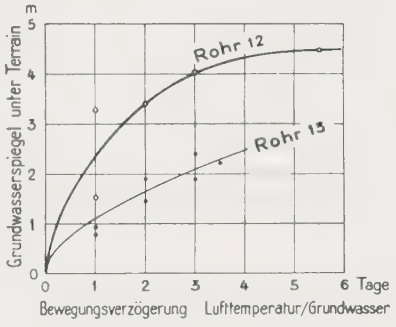


Fig. 28

Da die Durchsickerungszeit durch den verschieden mächtigen und zusammengesetzten Schnee, sowie die Bodenanfeuchtung durch das erste Schmelzwasser in Figur 28 nicht besonders berücksichtigt werden konnten, läßt sich aus diesen und den früher erwähnten Gründen die Einsickerungsgeschwindigkeit des Schmelzwassers bis zum Grundwasser nicht weiter ermitteln.

Wir sind durch die in Figur 28 dargestellte Beziehung zu der Meinung gekommen, daß das von den Rohren 12 und 13 sehr verschieden entfernte *Ausapern der Hänge und der Talebene kaum einen Einfluß auf die Verzögerung der beiden Bewegungen hat,* sondern daß diese eben wesentlich von der Einsickerungstiefe des Schmelzwassers bis zum Grundwasser herrührt.[26])

Aus dem starken Tauwetter der Tage vom 9. bis 12. April — mit einer Durchschnittstemperatur von 4,2 °, wodurch die Schneehöhe von 1,01 auf 0,80 m um 0,21 m abnahm — darf geradezu geschlossen werden, daß das Schmelzwasser durch das ganze Schneeprofil hindurchsickerte.

---

[24]) Die Figur 27 zeigt die fehlende Abhängigkeit zum Seestand.

[25]) Dies bedingt ein zu großer Zeitabstand der Beobachtungen, Einwirkung weiterer Faktoren und am meisten: der Grundwasserspiegel fällt nach dem Fallen der Lufttemperatur. Dadurch liegen beispielsweise in der Figur 28 für Rohr 13 alle Minima höher als die Maxima.

[26]) Dafür dürfte auch sprechen, daß das unregelmäßige Ausapern nicht zu einer so regelmäßigen Verzögerung führen könnte und daß es dabei kaum noch zu einem gleichsinnigen Einfluß auf die verschieden gelegenen Rohre 12 und 13 gekommen wäre.

Wir haben aus den Einzelbetrachtungen und aus Figur 27 gesehen, daß die Einwirkung der Schneeschmelze auf den Grundwasserspiegel lange vorher beginnt, ehe am Beobachtungsrohr der letzte Schnee verschwunden ist, und daß der bei einsetzendem Tauwetter etwas verzögerte Beginn des Grundwasseranstiegs hauptsächlich durch die Einsickerungstiefe des Schmelzwassers bis zum Grundwasser bedingt ist.

Nun wird aber die *Lage des Grundwasserspiegels* besonders in den betrachteten Rohren 12 und 13 im Winter durch die *künstliche Seeabsenkung* bedingt. Bei *natürlichen* winterlichen *Seeverhältnissen* läge der *tiefste Grundwasserspiegel* bedeutend *höher,* z. B. in Rohr 12 um etwa 3 m.

Bei natürlichem Seestand wäre die Einwirkung der Schneeschmelze auf den Grundwasserspiegel eine geringere als bei künstlicher Seeabsenkung gewesen, weil bei höherm Grundwasserstand (und größerm Gefäll) mehr Grundwasser in die Gewässer übertreten kann und weil das Grundwasser eine gewisse obere Grenze (z. B. Erdoberfläche) im allgemeinen nicht überschreitet.

Da in allen Beobachtungsjahren der Grundwasserspiegel in Rohr 12 nicht höher als 1559.50 m stand, der tiefste natürliche Stand aber etwa 1558.15 m beträgt, darf der Grundwasseranstieg in Rohr 12 während der Schneeschmelze bei natürlichem Seestand ungefähr mit 1,0—1,5 m geschätzt werden, gegenüber rund 3,25 m bei künstlicher Seeabsenkung im Frühjahr 1935.

Ob durch die Schneeschmelze bei natürlichem Seestand ein höherer Grundwasserstand in den Rohren 12 und 13 als bei Hochwasser des Flüelabachs und Landwassers erreicht worden wäre, kann für die Untersuchungsjahre nicht eindeutig entschieden werden. [27])

Offen bleiben müssen auch die *Fragen,* ob durch die Schneeschmelze und das Hochwasser je nach Witterungsverhältnissen und Lage zum Vorfluter *im Grundwasser zwei Maxima* auftreten können, und *wann und unter welchen Bedingungen der maximale Grundwasserstand im langjährigen Mittel bei natürlichem winterlichem Seestand* für das Flüeladelta und die Davoserebene erreicht wird?

2. Einfluß des Regens auf den Grundwasserspiegel.

Wir konnten im vorhergehenden Abschnitt zahlenmäßige Werte für den Grundwasseranstieg durch einsickerndes Schmelzwasser angeben, ohne daß mit der wellenförmigen Grundwasserbewegung eine parallele im Gewässer verbunden gewesen wäre. Diese Einwirkung des winterlichen Niederschlags auf das Grundwasser ließ sich deshalb so gut verfolgen, weil bei der Schneeschmelze im Davoser Hochtal erstens meist große Wassermengen zur Einsickerung kommen und zweitens in den höhern Lagen der Landschaft Davos noch kaum eine Schneeschmelze eintritt, so daß die Gewässer in der Davoserebene dadurch kaum beeinflußt werden.

Ganz anders liegen die Verhältnisse im Sommer: fällt Niederschlag als Regen in der Davoserebene, so fällt meist — früher oder später — auch Regen in den höhern Lagen, wodurch u. a. die Stände im Flüelabach und Landwasser rasch an-

[27]) Wenn dies auch im Frühjahr 1933 für den Grundwasserstand in Rohr 13 sehr wahrscheinlich ist, weil er sich damals nur 0,35 m unter dem erst drei Monate später eintretenden maximalen Stand (bei Hochwasser) befand.

steigen, um nach dem Aufhören des Regens langsam wieder zu fallen (Fig. 29, 8. bis 22. Juli 1933). Ein Anstieg des Grundwassers läßt sich bei einmaligen täglichen Beobachtungen meist einen Tag nach dem Regenfall feststellen. Damit erhebt sich die Frage: Wird die Parallelität zwischen Grundwasserbewegung und Regenfall bedingt: 1. durch die Einwirkung des erhöhten Gewässerstandes auf den Grundwasserspiegel oder 2. durch die Einsickerung von Regenwasser zum Grundwasser oder 3. durch das Einwirken beider Vorgänge neben- und nacheinander?

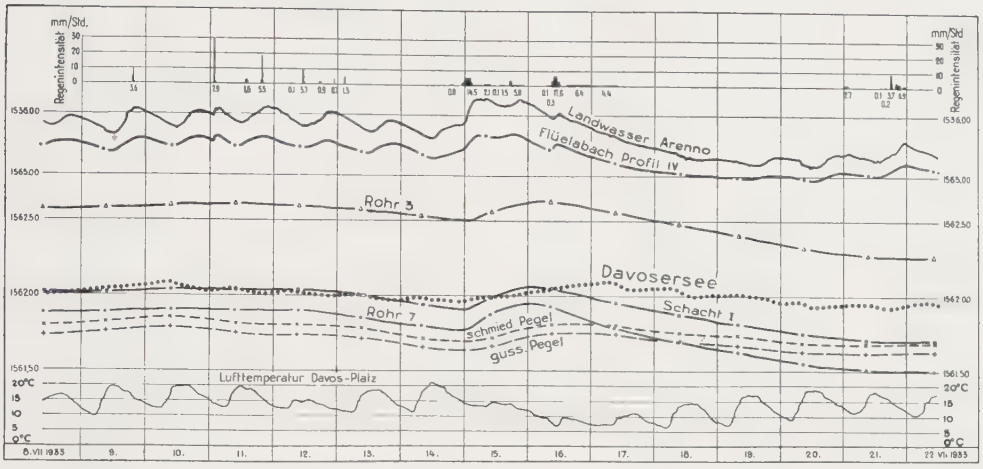


Fig. 29

Einfluß von Niederschlag und Temperatur auf den Stand des Landwassers, Flüelabaches, Davosersees und das Grundwasser vom 8. bis 22. Juli 1933.

Daß die Einsickerung von Niederschlagswasser an und für sich erfolgen kann, ist nicht nur anzunehmen, sondern hat sich für die Zeit der Schneeschmelze aus den letzten Seiten ergeben. Im Sommer können wir aber im einzelnen mit dem vorhandenen Beobachtungsmaterial nicht unterscheiden zwischen einer *direkten Einwirkung des Regens* auf das Grundwasser (Einsickern) und einer *indirekten Einwirkung:* Ansteigen des Gewässers und dadurch Grundwasseranstieg.

Wir stellten auf S. 43 u. 44 fest, daß nach den meisten Niederschlägen im Sommer und Herbst 1933 eine — direkte oder indirekte — Einwirkung auf das Grundwasser erfolgte: in der Mehrzahl der Fälle steigt dabei das Grundwasser, manchmal tritt aber auch nur eine Abschwächung des Fallens ein (vgl. auch Fig. 17: 29./30. Juli und 1./2. September 1933). Dieses Grundwasserfallen trotz Regen läßt erkennen, daß in der Beobachtungszeit noch andere Faktoren als der Niederschlag auf den Grundwasserspiegel einwirken, und zwar stärker, so daß das Grundwasser fallen muß.

I. Höhendifferenzen der Wasserspiegel.

Sehr schwierig — wirtschaftlich, technisch und absolut — gestaltet sich die genaue Feststellung des Gefälls oder der Neigung des Grundwasserspiegels. Versteht man darunter das *Gefäll in der Grundwasserfließrichtung,* so ist zur Fest-

Höhendifferenz der Davosersee- und Grundwasserstände, 1931/32 bis 1933/34.

Tabelle 18

Datum	Davoser-see	Rohr 1 —See	Diff. in ‰	Rohr 2 —See	Diff. in ‰	Rohr 6 — 7	Diff. in ‰	Rohr 12—13	Diff. in ‰
	m	m		m		m		m	
1931									
24. November	61,87[1])	—0,13	0,8	—0,29	4,5	0,81	5,2	2,46	10,1
18. Dezember	61,94	0,30	1,9	0,13	2,0	0,94	6,1	2,62	10,7 [2])
1932									
9. Januar . .	61,26	0,07	0,4	—0,09	1,0	0,74	4,8	2,52	10,3
30. Januar . .	60,29	0,48	2,7	0,43	3,9	0,66	4,3	2,47	10,1
5. Februar .	59,82	0,67	3,5	0,65	5,6	0,62	4,0	2,43	10,0
12. Februar .	58,74	1,05	5,4	1,22	10,0	Schlamm		2,32	9,5
17. Februar .	56,50	2,61	13,1	2,40	18,0	—	—	2,18	8,9
20. Februar .	54,42	4,46	22,0	3,93	26,9	—	—	2,07	8,5
24. Februar .	52,09	6,72	32,0	5,72	33,6	—	—	1,85	7,6
29. Februar .	49,71	—	—	7,60	40,0	—	—	1,47	6,0
5. März . .	47,17	—	—	9,74	46,0	—	—	1,22	5,0
21. März . .	44,34	—	—	—	—	—	—	0,95	3,9
30. April . .	39,28	—	—	—	—	—	—	0,64	2,6
10. Mai . . .	41,81	17,13	73,0	15,20	61,0	—	—	1,51	6,2 [3])
13. Mai . . .	42,44	16,96	73,0	14,72	60,0	—	—	1,47	6,0
31. Mai . . .	55,87	—	—	1,24	8,9	—	—	1,78	7,3
7. Juni . . .	59,16	—0,39	2,1	0,24	2,0	—	—	2,12	8,7
11. Juni . . .	60,98	—0,35	2,0	—0,43	4,6	0,66	4,3	2,34	9,6
18. Juni . . .	61,94	0,46	2,9	0,31	4,8	0,86	5,5	3,02	12,4
1933									
17. Juni . . .	62,03	0,78	4,8	0,64	10,0	0,89	5,7	3,14	12,9
15. Juli . . .	61,99	0,77	4,8	0,68	10,6	0,87	5,6	3,30	13,5
15. August .	62,10	0,33	2,05	0,20	3,1	0,79	5,1	2,89	11,8
14. September	61,91	0,23	1,4	0,07	1,1	0,79	5,1	2,74	11,2
17. Oktober .	61,91	0,24	1,5	0,08	1,25	0,81	5,2	2,67	10,9
15. November	61,85	0,04	0,25	—0,12	1,8	0,79	5,1	2,60	10,7
5. Dezember	61,74	0,02	0,12	—0,14	2,1	0,85	5,5	2,57	10,5
13. Dezember	60,92	0,60	3,5	0,52	5,5	0,78	5,0	2,69	11,0 [2])
20. Dezember	59,63	1,25	6,7	1,31	11,2	0,72	4,6	2,67	10,9
27. Dezember	59,38	0,87	4,65	0,91	7,6	0,56	3,6	2,43	10,0
1934									
3. Januar . .	58,75	0,98	5,2	1,00	8,0	—	—	2,30	9,4
17. Januar . .	57,02	2,02	10,4	1,43	11,0	—	—	2,03	8,3
15. Februar .	53,30	—	—	3,98	25,0	—	—	1,53	6,3
22. Februar .	52,13	—	—	4,80	28,4	—	—	1,20	4,9
15. März . .	50,08	—	—	—	—	—	—	1,05	4,3
28. März . .	49,41	—	—	—	—	—	—	0,89	3,6
11. April . .	50,06	9,39	43,9	—	—	—	—	1,05	4,3
17. Mai . .	56,54	—	—	—	—	—	—	2,11	8,6 [3])
24. Mai . . .	59,40	0,35	1,9	0,20	1,7	—	—	2,42	9,9
16. Juni . . .	61,93	0,56	3,5	0,43	6,7	0,85	5,5	2,96	12,1
22. Juni . . .	62,04	0,60	3,7	0,45	7,0	0,87	5,6	3,00	12,3

[1]) Bezogen auf alten Niv.-Horizont 1500 m ü. M. [2]) Eisbildung. [3]) Schneeschmelze.

stellung dieses Gefälls ein sehr *dichtes Netz von Beobachtungsrohren* erforderlich.

Dies ist im Davoser Hochtal aber nicht der Fall: im Flüeladelta und besonders im Landwassertal liegen die einzelnen Rohre weit voneinander entfernt. Wegen der großen Zahl von Vorflutern für das Grundwasser liegen dabei höchst selten gerade zwei Rohre auch in der Grundwasserfließrichtung.

Alle Zahlenangaben der Tabellen 18 und 19 (S. 58 u. 61) sind nur als *Höhendifferenzen zweier Wasserspiegel* aufzufassen; zu Vergleichszwecken wurde auch als Quotient aus dieser Höhendifferenz und dem Abstand der beiden Wasserspiegel ein « scheinbares Gefäll » berechnet, das z. B. zwischen Rohr 1 und 2 und dem Davosersee wenig vom wirklichen Gefäll abweichen dürfte, bei andern Rohren aber erheblich vom wirklichen Gefäll abweicht.

Die Tabelle 18 soll die Aenderung der Höhendifferenz unter natürlichen Verhältnissen und den Einfluß der künstlichen Seeabsenkung auf diese Differenz veranschaulichen. Einzelne Profile der Figuren 31 bis 35 zeigen dies auch bildlich.

Fig. 30
Lageplan der Grundwasserprofile.

Die Wasserspiegel wurden dabei in den Figuren durch eine Gerade verbunden; obwohl diese schematische Gerade in keinem Falle dem wirklichen Grundwasserspiegel entsprechen dürfte, wird durch diese schematische Verbindung erstens das entstehende Bild übersichtlicher und zweitens müssen zweifelhafte Kurvenzüge nicht gezogen werden, was z. B. in Figur 34 für die jeweilige Lage des Grundwasserscheitels ziemlich willkürlich geschehen müßte.

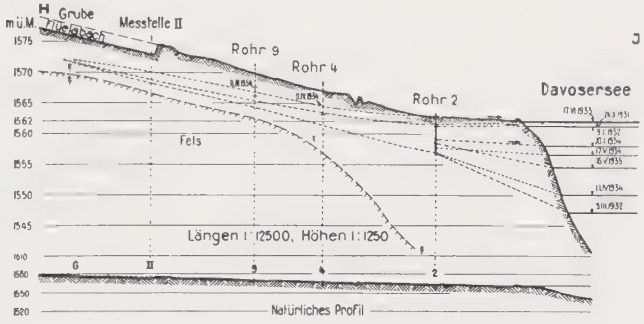


Fig. 31
Profil Flüelabach—Davosersee.

In den Plänen der Höhenlinien des Grundwasserspiegels (Beilagen zu Tafel 1) ließen sich die gesamten Grundwasserverhältnisse des Davoser Hochtals für ein-

zelne Zeitpunkte besser darstellen; wir können uns darum bei der Wiedergabe von Profilen auf einige charakteristische Profile und deren Einzelheiten und Aenderungen beschränken. Die Lage der Profile ist in Figur 30 angegeben.

In *Profil H — Meßstelle II — Rohr 2 — Davosersee* (Figur 31) wurde ein Längsprofil durch das Flüeladelta gelegt. In der Grube bei der obersten Brücke im Flüelatal (vgl. Fig. 24) wurde rund 5,25 m unter der Erdoberfläche der Grundwasserspiegel erreicht. Wir wissen nicht, wie oberhalb der Grube der Grundwasserspiegel verläuft und können nicht sagen, ob der Wechsel im geologischen Untergrund (der Flüelabach tritt aus Kristallin in Hauptdolomit über) schon ursprünglich eine Stelle des Flüelabachs bedingte, die heute unter dem Schutt des

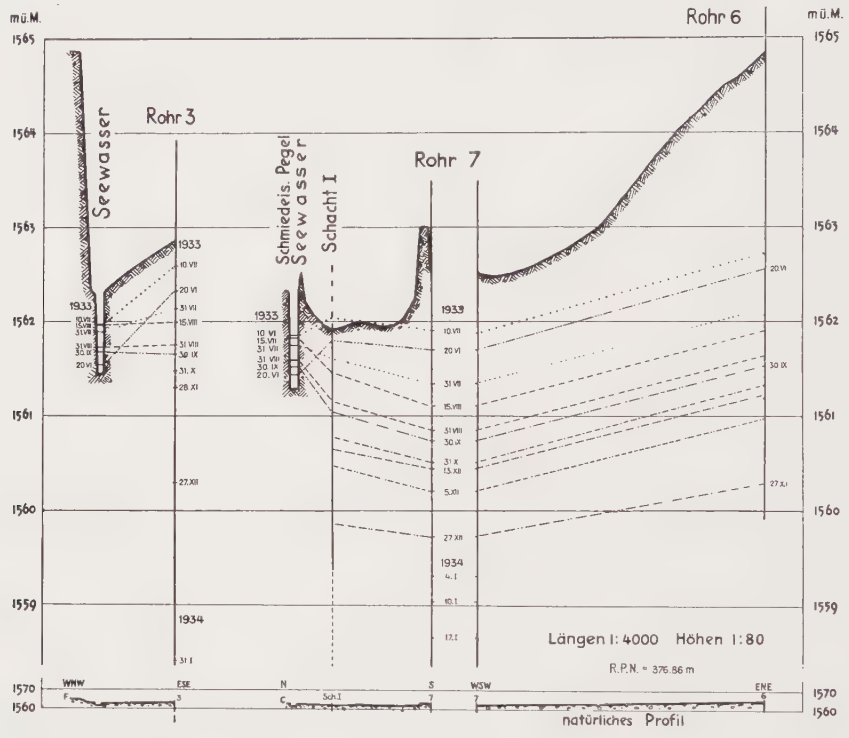


Fig. *32*

Beziehung zwischen den Wasserständen des Seewassers und den Grundwasserständen in den Rohren 3, 6 und 7 und Schacht I, 1933/34.

Flüelabachs begraben läge — oder ob hier nur eine sehr tiefe, zugeschotterte Erosionsrinne eine so große Durchlässigkeit für das Grundwasser besitzt, daß eben der Grundwasserspiegel immer noch unter die Sohle des Flüelabachs zu liegen kommt (man betrachte auch den Aushub auf Figur 5) — oder ob ein plötzliches Fallen des Grundwasserspiegels deshalb auftritt, weil ein Teil des Grundwassers in größerer Tiefe in Klüfte des Gesteins übertritt, um an nicht näher bekannter Stelle wieder in Gewässer überzutreten.

Wahrscheinlich erscheint uns nur, daß die ober- und unterhalb der Meßstelle II auftretenden Verluste etwa senkrecht in den Schottern bis zum Grundwasserspiegel versickern müssen.

In das Profil wurden die Rohre 4 und 9 noch zum Vergleich eingezeichnet; wir haben einige Zweifel (nach dem Spiegelgang und z. T. nach der Grundwassertemperatur), ob hier eine genügend gute Verbindung des Wasserspiegels im Rohr mit dem Grundwasserspiegel vorliegt.[28])

So bleibt dieses Profil durch das Flüeladelta von seinem Beginn bis zu Rohr 2 recht lückenhaft und unbestimmt. Erst die Verhältnisse zwischen Rohr 2 und dem Davosersee sind etwas besser bekannt, wenn wir auch hier die Grundwasserstände bei großer Seeabsenkung nicht kennen.

In Figur 32 sind die *Profile F — Rohr 3, C — Schacht I — Rohr 7, Rohr 7 — Rohr 6* dargestellt worden und es kann (da im richtigen Längenabstand) noch das *Profil Rohr 3 — Rohr 7* betrachtet werden. Die Zahlenwerte für das Profil Rohr 3 — Rohr 7 und für das Profil Schacht I — Rohr 7 sind in Tabelle 19 zusammengestellt.

Grundwasser-Höhendifferenz 1933/34.

Tabelle 19

	Rohr 3 — Rohr 7		Schacht I — Rohr 7	
	m		m	
1933				
30. Mai . .	0,439		0,155	
15. Juni . .	0,732	Das Grundwasser steht höher als das Seewasser und tritt in dasselbe über.	0,169	Grundwasser in Schacht I höher als Wasser im Seewasser und speist dieses.
30. „ . .	0,752		0,163	
10. Juli . .	0,698		0,138	
15. „ . .	0,685		0,111	
31. „ . .	0,794		0,254	Seewasser speist tieferliegendes Grundwasser bei Schacht I, daher Höhendifferenz größer als vor- und nachher.
15. August .	0,882	Ab Ende Juli tritt Wasser des Seewassers zunehmend zum Grundwasser.	**0,352**[1])	
31. „ .	0,897		0,310	
15. September	0,938		0,322	
30. „	0,904		0,311	
16. Oktober	0,950	Seewasser bis zur Abschlußstelle trocken. Wasser des Davosersees tritt ins Grundwasser über.	0,285	
31. „	0,970		0,269	
15. November	0,953		0,259	
22. u. 24. „	**0,995**		0,266	
30. „	0,963		0,261	Seewasser trocken. Höhendifferenz wird kleiner.
15. Dezember	0,705	Seeabsenkung: Das Grundwasser speist den See, starke Abnahme der Höhendifferenz zwischen Rohr 3 bis Rohr 7.	0,181	
30. „	0,487		0,100	Mit Seeabsenkung nimmt die Höhendifferenz ab. Das Grundwasser fließt anders.
1934				
15. Januar .	0,221			
20. „	0,155	4. Januar	0,059	

[1]) Höchster Stand am schmiedeisernen Pegel.

Die Profile F — Rohr 3 und C — Schacht I zeigen deutlich die verschieden großen Höhendifferenzen zwischen Gewässer und Grundwasser und auch die Richtungsumkehr des Gefälls während des Sommers und Herbstes 1933. (Analoge Verhältnisse liegen auch in den andern Untersuchungsjahren vor.)

Der tiefste Seewasserstand wurde bei künstlicher Seeabsenkung am 20. Juni 1933 erreicht; das am Pegel gemessene Wasser stammte vom Grundwasser, das

[28]) Von den Salzversuchen liegen, weil die Rohre 4 und 9 trocken waren, auch keine positiven Ergebnisse vor.

vom Flüeladelta her ins Seewasser übergetreten war (vgl. auch S. 27/28).[29]) Der höchste Grundwasserstand wurde am 10. Juli 1933 gemessen; das Wasser überflutete um Schacht I den tiefergelegenen Teil der Wiese.

Bereits am 31. August 1933 steht das Grundwasser in Schacht I tiefer als das Seewasser (schmiedeiserner Pegel); Wasser des Seewassers dürfte nun (umgekehrt zum Juli) in geringer Menge ins Grundwasser übertreten, während bei Rohr 3 immer noch Grundwasser ins Seewasser fließt. Langsam nimmt bei Rohr 3 diese zum Seewasser fließende Grundwassermenge ab, um dann im September ganz aufzuhören, so daß ebenfalls an dieser Stelle Wasser des Seewassers ins Grundwasser übertritt. Mit Beginn des Oktobers wird das Seewasser durch Schließen der Abschlußstelle trocken. Nun kann nur noch Wasser des Davosersees ins tiefergelegene Grundwasser übertreten, bis auch dies (was bei natürlichem Seestand bis ins Frühjahr dauerte) durch die künstliche Seeabsenkung nicht mehr der Fall ist.

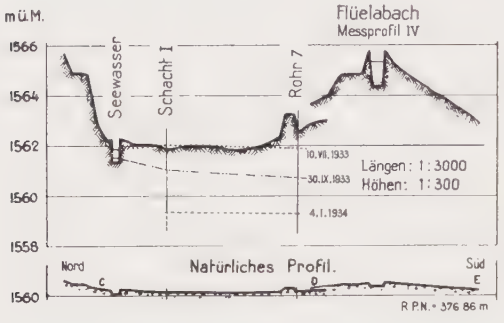


Fig. 33

Beziehung zwischen den Wasserständen des Seewassers, des Flüelabaches und den Grundwasserständen in Schacht I und Rohr 7, 1933/34.

Aus dem allem ersehen wir, wie die Lage und Höhe des Vorfluters einen mehr oder weniger starken Einfluß auf einen bestimmten Grundwasserstand des Flüeladeltas hat, wie dabei aber auch lange Zeit der tiefergelegene Grundwasserspiegel nur wenig vom Seewasser beeinflußt wird (vgl. Tab. 19) (besonders wenn wir uns natürliche winterliche Abflußverhältnisse vorstellen); d. h. es tritt nicht so viel Wasser des Seewassers ins Grundwasser über, daß das Grundwasser nicht dennoch fallen könnte. Dies rührt daher, weil der Grundwasserabfluß größer ist als die zutretende Verlustmenge aus dem Seewasser. (Vgl. Fig. 33.)

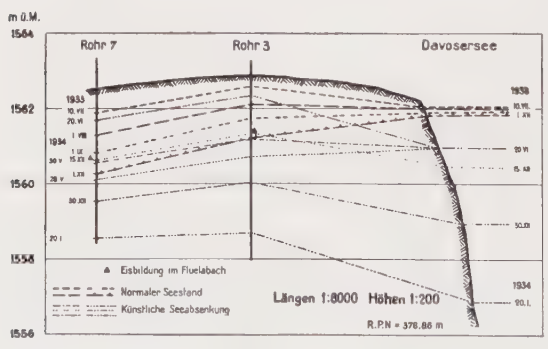


Fig. 34

Verlauf der Wasserstände in Profil Rohr 7 — Rohr 3 — Davosersee, 1933/34.

Figur 34 zeigt ein schematisiertes Profil zwischen *Rohr 7 — Rohr 3 — Davosersee*. Im Sommer befindet sich ein Grundwasserscheitel zwischen Rohr 7 und dem Davosersee (bei Rohr 3), der im Laufe des Herbstes ausflacht und dann verschwindet. Hierbei wird der « indirekte Zusammenhang » zu einem « direkten », weil nun das Grundwasser fast gleichmäßig vom Davosersee zu Rohr 3 und von da zu Rohr 7 fällt.

[29]) Grundwasser tritt außerdem fast immer sichtbar vor Beendigung der Seeauffüllung im Seewasser auf und fließt dann von der Wasserscheide bei der Abschlußstelle nach Norden zum Davosersee und nach Süden zum Landwasser hin ab

Hingewiesen sei auf den großen Spielraum für den Grundwasserstand in Rohr 3 und 7 bei etwa gleichem, normalem Seestand und auf die starke Einwirkung der Eisbildung des Flüelabachs auf den Grundwasserstand (obwohl der See bereits abgesenkt wurde). (Vgl. Stand des 15. mit dem des 1. Dezember 1933.) Durch größere Wasserübertritte bei Eisbildung steigt der Grundwasserspiegel und der Zusammenhang zwischen Rohr 7 und Davosersee wird wieder ein « indirekter », wie er es auch durch die Seeabsenkung allein geworden wäre. Bei künstlicher Seeabsenkung nimmt die Höhendifferenz zwischen Rohr 3 und dem Davosersee zu, während diejenige zwischen Rohr 3 und 7 infolge Einwirkung der Seeabsenkung immer mehr abnimmt (vgl. Tab. 19).

Bei Seeauffüllung zeigen sich bei fast gleichen Seeständen um rund 0,5 m verschiedene Grundwasserstände, wobei sich vom 28. bis 30. Mai 1934 bereits ein Grundwasserscheitel bei Rohr 7 gebildet hat.

Das *Profil A — Rohr 13 — Rohr 12 — B* (Fig. 35) zeigt die natürlichen höchsten und tiefsten und die durch Seeabsenkung abgesunkenen Grundwasserstände der Rohre 12 und 13 sowie deren Lage zum Gewässerspiegel.

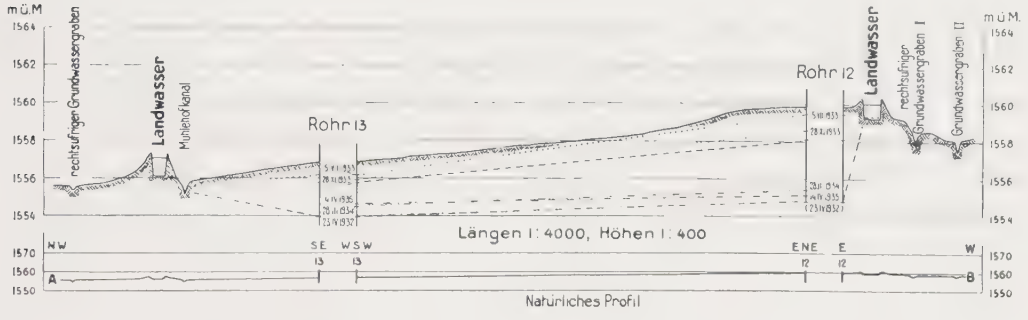


Fig. 35

Beziehung zwischen den Wasserständen des Landwassers, des Mühlehofkanals und den Grundwasserständen in den Rohren 13 und 12, 1932/35.

Beträgt das « scheinbare Gefäll » zwischen Rohr 12 und 13 bei natürlichen Verhältnissen im Winter etwa 10 ‰, so sinkt es durch die Einwirkung der Seeabsenkung auf ein Viertel bis ein Drittel dieses Wertes (Tab. 18). Dabei ändern sich aber auch die Verhältnisse zu den Gewässern stark: das Grundwasser in Rohr 12 steht rund 4,5 m unter dem Landwasserspiegel und das Grundwasser in Rohr 13 steht nicht mehr höher als das Wasser im Mühlehofkanal, sondern umgekehrt tiefer.

Das gleiche, was wir beim Seewasser feststellten, gilt auch hier: der Sickerwasserzutritt aus dem Landwasser und seinen Seitengräben ist nicht so groß, daß dadurch ein starkes Absinken des Grundwassers aufgehoben werden könnte. Wäre das Bachbett noch durchlässiger, so könnten noch bedeutend größere Wassermengen vom Grundwasser aufgenommen und fortgeführt werden.

K. Temperatur des Grundwassers.

1. Allgemeines.

In den Jahren 1931/32 bis 1934/35 wurde immer mit der Messung des Grundwasserstandes auch die der Grundwassertemperatur verbunden.

Für die Temperatur des Grundwassers sind von allgemeiner Bedeutung: die geographische Lage, im besondern die Höhe über dem Meerespiegel, die meteorologischen Faktoren in dieser Höhe, wie z. B. Strahlung, Lufttemperatur, Bodentemperatur, die Herkunft des Wassers (Schmelz- und Sickerwasser), die Tiefe des Wasserspiegels unter der Erdoberfläche, der geologische Aufbau der grundwasserführenden Schichten und deren Mächtigkeit, die Bewegung, Geschwindigkeit und Menge des Grundwassers, die Lage des Grundwassers zu den offenen Gewässern und die Vegetation des Einzugsgebietes.

Die Messung der Grundwassertemperatur ist an und für sich einfach; es ergeben sich aber immer für den vollständigen Ausschluß aller von außen einwirkenden Faktoren gewisse Schwierigkeiten: wir nannten schon auf S. 12 die Wärmeleitung der Rohre. Außerdem wird durch das Auf- und Abbewegen des Thermometers das Wasser im Rohr in eine gewisse Bewegung gebracht und es kann darum keine genaue Tiefe zu der gemessenen Grundwassertemperatur angegeben werden. [30])

Nicht zu vermeidende Fehler entstehen bei der Monatsmittelbildung auch aus nur einmaligen wöchentlichen Messungen, bei denen zudem die Extremwerte nur zufällig erfaßt werden können.

Die Aenderungen in der Grundwassertemperatur gehen in den einzelnen Jahreszeiten verschieden schnell vor sich — entsprechend sind auch die Fehler bei der Mittelbildung kleiner oder größer. Messungen der Grundwassertemperatur in Rohr 2 während der Schneeschmelze 1935 ergaben:

6. Mai 3,3 ° und 7. Mai 1,7 °, Aenderung 1,6 °,
12. Mai 0,9 ° und 13. Mai 2,2 °, Aenderung 1,3 °,
15. Mai 1,8 ° und 16. Mai 0,7 °, Aenderung 1,1 °.

Bei Seeauffüllung wurden ebenfalls Aenderungen der Temperatur von 1,2 ° zwischen zwei Messungen festgestellt.

Dies sind aber sicher nicht die größten vorkommenden Temperaturänderungen zwischen zwei Messungen. [31])

Schon aus den obengenannten Zahlen können wir die *große Einwirkung des Schneeschmelzwassers* auf die Grundwassertemperatur in der Davoser Landschaft erkennen. Das kalte Schmelzwasser sickert bis in größere Tiefen ein und erniedrigt dabei die Temperatur des Erdbodens.

Als *tiefste Temperatur* wurde am 11. Mai 1935 (vgl. auch Fig. 36) bei einer Schneehöhe von nur noch 0,1 m und einer Entfernung des Grundwassers von rund

[30]) Trotzdem haben wir der Einfachheit halber die Grundwassertemperatur auf die dazu gemessene Tiefe des Grundwasserstandes unter der Erdoberfläche bezogen, statt etwa überall 0,1—0,2 m hinzuzuzählen.

[31]) Die größten beobachteten Aenderungen zwischen zwei Messungen traten in Rohr 2 auf, als das Grundwasser im Rohr über der Erdoberfläche (gleich wie im Graben) stand. Dabei lagen allerdings direkte Einwirkungen der Strahlung und der Lufttemperatur vor, z. B. 7. Juni 4,9 ° und 8. Juni 7,0 ° (bei einer Lufttemperatur von im Mittel 11,9 ° und 13,4 °).

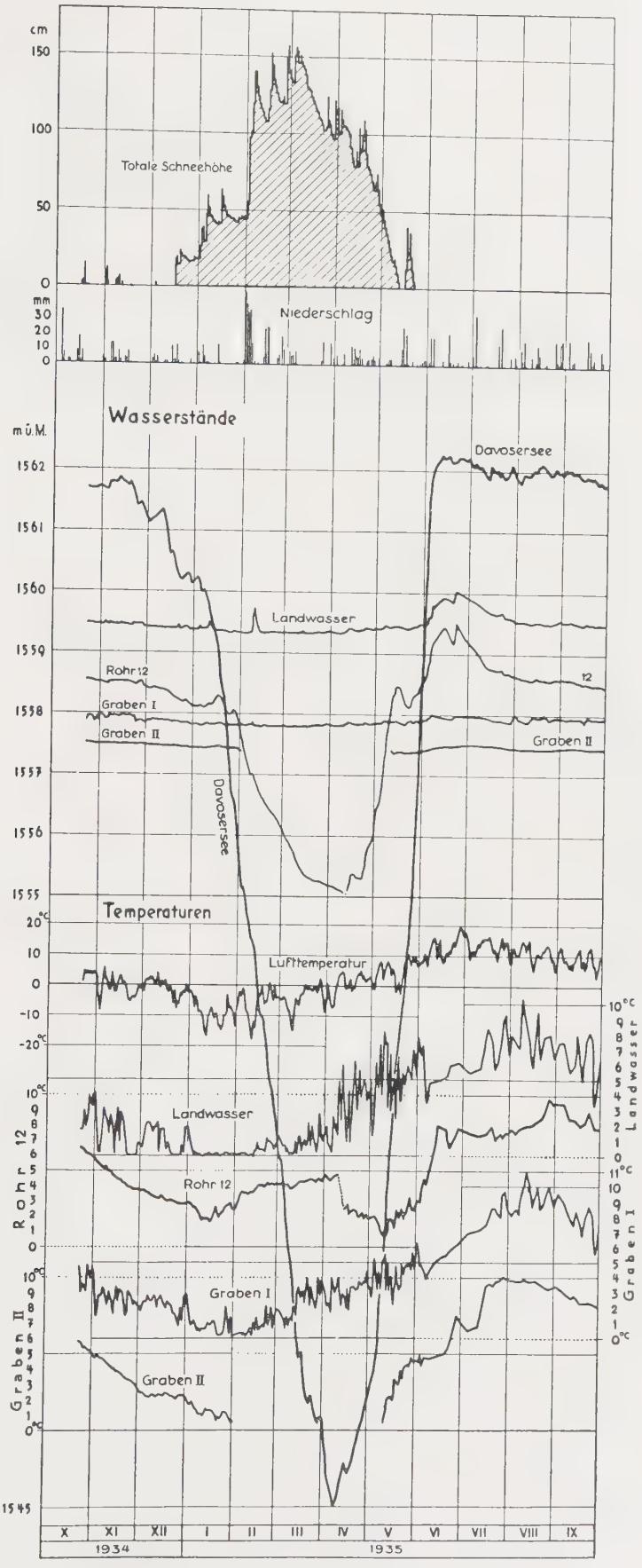


Fig. 36

Verlauf der Wasserstände des Landwassers, Arenno, des Davosersees, der Gräben I und II und in Rohr 12, sowie der Luft- und Wassertemperaturen und des Niederschlages, Oktober 1934 bis September 1935.

Gang der Grundwassertemperaturen in den Rohren 1—17 und der Lufttemperatur, Davos-Platz, vom Mai 1933 bis Juni 1934.

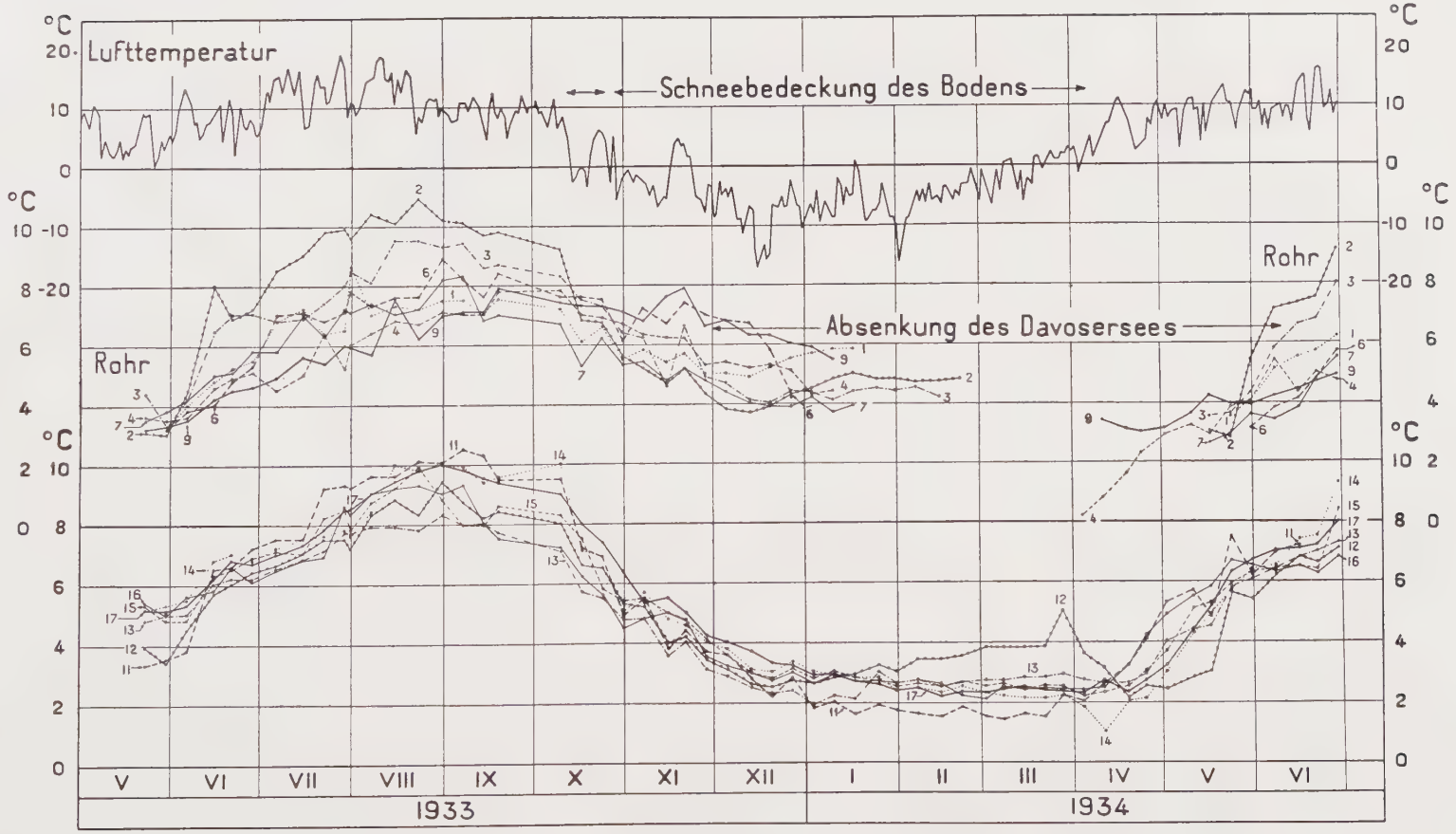


Fig. 37

1,7 m von der Erdoberfläche in Rohr 12 0,7 ° gemessen.[32]) Der Einfluß der Schneeschmelze auf die Temperatur des Bodens und des Grundwassers ist in den einzelnen Jahren besonders von der Höhe der Schneedecke, der Dauer für die Abschmelzung und der zum Abfluß kommenden Wassermenge abhängig und wechselt darum stark mit diesen.

2. Der Gang der Grundwassertemperatur während der Untersuchungsperiode 1933/34.

In Figur 37 wurden die Ergebnisse der Messungen der Grundwassertemperatur in den Rohren 1—17 aufgetragen und zum Vergleich noch das Tagesmittel der Lufttemperatur hinzugesetzt.[33])

Maxima, Minima und Gesamtverlauf sind aus Figur 37 zu ersehen; in Tabelle 20 wurden die Extremwerte mit den Monats-, Halbjahrs- und Jahresmitteln zusammengestellt.

Die Verzögerung des Maximums der Grundwassertemperatur gegenüber dem Maximum der Lufttemperatur hängt von der Lage des Grundwasserspiegels ab; die oberflächennah liegenden Grundwasserspiegel haben ihr gemessenes Maximum am

Grundwassertemperatur in den Rohren 1—17.

Tabelle 20

Rohr	Minima	Datum	Maxima	Datum	Mittel		
					Juni bis Nov. 1933	Dez. 1933 b. Mai 1934	Juni 1933 b. Mai 1934
	°C		°C		°C	°C	°C
1	—	—	8,6	31. Juli 1933	6,5	—	—
2	—	—	10,9	23. August 1933	8,1	—	—
3	—	—	9,5	15. u. 23. August 1933	7,5	—	—
4	—	—	7,8	19. u. 26. Septemb. 5. u. 10. Okt. 1933	6,2	—	—
6	—	—	8,9	31. August 1933	7,0	—	—
7	—	—	8,3	7. Sept. 1933	6,3	—	—
9	—	—	7,9	19. September 21. November 1933	6,5	—	—
1—9	—	—	10,9	—	6,9	—	—
11	1,4	8. März 1934	10,5	27. Sept. 1933	7,7	2,9	5,3
12	2,0	10. April 1934	9,4	31. August 1933	6,9	3,3	5,1
13	1,9	3. Januar 1934	8,3	31. August 1933	6,5	3,0	4,8
14	1,0	11. April 1934	10,0	15. und 31. August 10. Oktober 1933	7,6	2,9	5,3
15	2,2	4. April 1934	9,9	22. August 1933	7,2	3,2	5,2
16	2,1	2. März 1934	9,3	22. August 7. September 1933	6,9	3,3	5,1
17	2,2	15. Februar 1934	10,0	31. August 1933	7,7	3,2	5,4
11—17	1,0	—	10,5	—	7,2	3,1	5,2
1—17	1,0	—	10,9	—	7,0	—	—

[32]) Die tiefste gemessene Temperatur mit 0,2 ° in Rohr 4 rührt vom Schmelzwasser her, das sich in einer Mulde um dieses Rohr gesammelt hatte und hörbar durch die Löcher des Rohrs bis zum Grundwasserspiegel hinuntertropfte.

[33]) Werte für den 26. September und 5. Oktober interpoliert, da ein ungeübter Vertreter gemessen hatte.

15., 22. und 31. August 1933, die tieferliegenden Grundwasserspiegel am 7., 19. und 26. September 1933, ja in Rohr 4 wurde noch am 10. Oktober dieselbe Temperatur wie am 19. September gemessen.

Sucht man in Figur 37 das Maximum der Lufttemperatur, so sieht man, daß eigentlich zwei getrennte Maxima vorliegen: das eine am 28. Juli mit 19,2 ° und das andere am 10. August mit 18,6 °.

Da die Erwärmung des Bodens als langsames und verzögertes Eindringen der atmosphärischen Wärme aufgefaßt werden kann, ist es verständlich, daß nach einem ersten Wärmemaximum und 10 ° Differenz zum wärmsten Grundwasser ein zweites Maximum diese Differenz verkleinern wird. Daraus ergibt sich aber, daß für das Maximum der Grundwassertemperatur nicht eigentlich das absolute Maximum der Lufttemperatur maßgebend ist, sondern das verzögerte Eindringen von Wärme der Atmosphäre bis etwa zu dem Zeitpunkt, an dem die Außentemperatur unter die erreichte höchste Boden- und Grundwassertemperatur fällt.[34])

Im Verlauf der *Monatsmittel* in Figur 38 ist die verschiedene Verzögerung der Wärmeänderung des Grundwassers der Rohre 1—9 und der Rohre 11—17 gegenüber der Lufttemperatur festzustellen: für das Maximum betrug sie für erstere zwei Monate und für letztere einen Monat. Diese Verzögerung der Maxima hängt nicht mit einer langsamen Bewegung des Grundwassers zusammen, sondern sie ist beeinflußt von der Aenderung aller Einzelwerte, die zur Mittelbildung benutzt wurden[35]), und vom obenerwähnten verzögerten Eindringen der Wärme in den Boden.

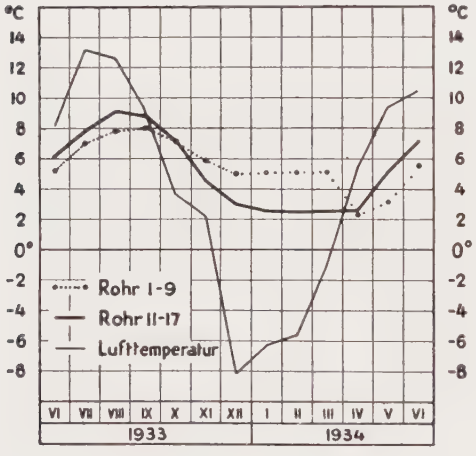


Fig. 38

Monatsmittel der Grundwassertemperaturen in den Rohren 1—9 und 11—17 mit der Lufttemperatur von Davos-Platz, Juni 1933 bis Juni 1934.

Das Minimum der Monatsmittel für die Rohre 11—17 ist in den Monaten Januar bis April 1934 fast konstant.[36]) Hieraus, und aus der gegenüber der Lufttemperatur hohen Grundwassertemperatur ist der isolierende Einfluß der Schneedecke, die bei natürlicher Lagerung die Kälte nicht in den Boden eindringen läßt, zu ersehen (vgl. *Chorus* und Levi [11]).

Das Minimum der Grundwassertemperatur tritt allgemein mit der Schneeschmelze (Ende März bis Mitte Mai) auf, immer erst nach dem Minimum der Lufttemperatur und oft sogar mehrere Monate später (in Abhängigkeit von der Lage des Grundwasserspiegels). (Vgl. auch Fig. 36.)

---

[34]) Dies macht es auch verständlich, warum das sehr oberflächennahe Grundwasser in Rohr 14 am 10. Oktober noch eine Temperatur von 10 ° besaß, weil noch am 8. Oktober das Tagesmittel der Lufttemperatur 11,1 ° betrug.

[35]) Der Unterschied der Monatsmittel Juli und August beträgt für die Lufttemperatur nur 0,5 °.

[36]) In Figur 38 wurden auch die Monatsmittel der Rohre 1—9 eingetragen; sie wurden nach den Verhältnissen der Winter 1931/32 und 1934/35 so gut wie möglich interpoliert.

Das *Jahresmittel* der Grundwassertemperatur in den verschiedenen Rohren von 11 bis 17 ist trotz der ungleichen Lage des Grundwasserspiegels ziemlich ähnlich, es schwankt zwischen 4,8 und 5,4 ° (Tab. 20).

Vergleicht man das Jahresmittel der Grundwassertemperatur für die Rohre 11 bis 17 mit dem der Lufttemperatur, so ergibt sich eine Differenz von 5,2—3,5 = *1,7* °, um die die *Grundwassertemperatur höher ist als die Lufttemperatur*. Diese Differenz wird wohl hauptsächlich durch den Einfluß des Schnees bewirkt.

Maurer gibt in seiner Arbeit [47] allgemein die mittlere Bodentemperatur für 1500 m Höhe mit 5,3 ° und die Differenz Boden—Lufttemperatur mit 1,7 ° an. Die Uebereinstimmung der gefundenen Werte für die Grundwassertemperatur der Rohre 11—17 und die Differenz gegenüber der Lufttemperatur mit den von *Maurer* angegebenen Werten für die Bodentemperatur und die Differenz Boden—Luft ist erstaunlich, obwohl doch in ungleicher Tiefe nur ein Jahr lang einmal wöchentlich gemessen wurde.

3. Beziehung zwischen Grundwassertemperatur und Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche.

a) Für die Rohre 1—17 an bestimmten Tagen.

Meistens wird im Flüeladelta und in der Davoserebene die Temperatur des Grundwassers nicht durch Schmelz- oder Sickerwasser bestimmt, sondern durch die Temperaturverhältnisse des Untergrundes. Um dies zeigen zu können, wählten wir zur Darstellung der Beziehung zwischen Grundwassertemperatur und Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche folgende zehn Tage aus:

30. Mai 1933: Nach der Schneeschmelze, warme Lufttemperatur vorausgehend. Grundwassertemperatur zwischen 3,0 ° (Rohr *2*) und 5,3 ° (Rohr 14). Mittel der Grundwassertemperatur der Rohre 1—17: 7,0 °, Seeauffüllung.

15. Juli 1933: Normaler Seestand und höchste Grundwasserstände. (Nur in Rohr 4, 6 und 9 steht das Grundwasser tiefer als 1 m unter der Erdoberfläche.)

31. August 1933: Höchste Grundwassertemperatur (Mittel aller Rohre).

17. Oktober 1933: Die Lufttemperatur ist unter 0 ° gesunken, der Boden mit Schnee bedeckt, die Temperatur (besonders des oberflächennahen Grundwassers) ist gefallen.

28. November 1933: Luft- und Grundwassertemperatur sind weiter gefallen. Davoserseestand noch normal.

27. Dezember 1933: Durch künstliche Seeabsenkung ist das Grundwasser in einer Anzahl Rohre stark gesunken und dadurch wärmer geworden.

17. Januar 1934: Weitere Seeabsenkung. Letzter Tag an dem die Rohre 1 und 7 gemessen wurden (nachher trocken).

24. Mai 1934: Nach der Schneeschmelze. Die Rohre mit tiefliegendem Grundwasser haben eine Temperatur unter 4 °, die oberflächennahen über 5,6 °.

30. Mai 1934: Eine Woche später: obwohl inzwischen das Grundwasser bis zu 2 m höher steht, sind die tiefen Temperaturen noch ziemlich unverändert. Einzig Rohr 2 ist stark gestiegen und entsprechend wärmer.

29. Juni 1934: Normaler Seestand. Mit dem Anstieg der Lufttemperatur ist auch die Temperatur des Grundwassers gestiegen.

Figur 39 gibt die Verhältnisse für die charakterisierten Tage wieder. Eine Beziehung zwischen Grundwassertemperatur und Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche besteht an jedem dieser Tage, und wir können deutlich zwei «Typen» für die Beziehung unterscheiden:

Typus a (Sommer): das oberflächennahe Grundwasser ist warm (Einwirkung der Lufttemperatur), das tiefere Grundwasser ist kälter;

Typus b (Winter): das oberflächennahe Grundwasser ist kalt, das tiefere Grundwasser ist wärmer (Winter).

Zwischen beiden Typen besteht noch ein Uebergangstyp im Frühjahr und Herbst (z.B. 17. Oktober 1933).

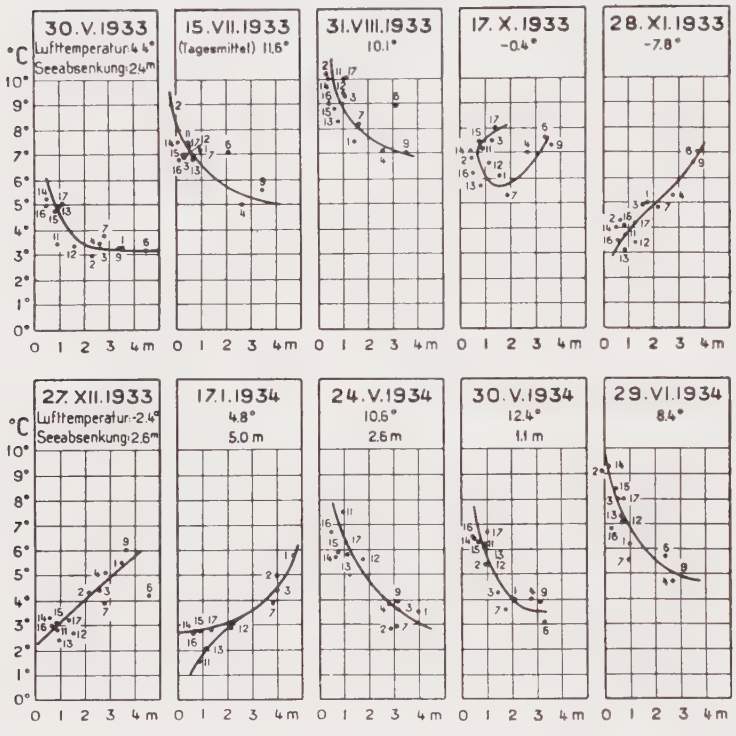


Fig. 39

Beziehung zwischen Grundwasser-Temperatur und Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche, 30. Mai 1933 bis 29. Juni 1934.

Es ist immerhin bemerkenswert – die eingezeichneten Kurven veranschaulichen dies gut —, daß trotz den in der Einleitung besprochenen Schwierigkeiten die Beziehung zwischen Grundwassertemperatur und Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche, oder sagen wir jetzt: die *Beziehung zwischen der Grundwassertemperatur und der Bodentiefe,* allgemein zu den verschiedenen Zeiten als eine so *einfache* gefunden wurde.[37])

Auf einige Einzelheiten wollen wir noch kurz hinweisen:

Rohr 6 ist besonders im Sommer trotz seinem tief gelegenen Grundwasser-

[37]) Hätten im Winter die Grundwassertemperaturen noch in größerer Tiefe beobachtet werden können, so wäre die Annäherung der Kurven an eine Asymptote (zwischen 5 und 6 °) besser ersichtlich.

spiegel relativ wärmer als die andern Rohre; wir möchten dies auf Verluste des nahen Flüelabachs zurückführen.[38])

Rohr 7 erscheint meistens kälter als die andern Rohre. Dies läßt sich nicht eindeutig erklären. Sicher spielen zeitweise und wechselnde Verluste aus dem Flüelabach eine Rolle; daneben dürfte aber auch der Bahndamm (besonders im Sommer) in dem Sinne wirken, als läge das Grundwasser in Rohr 7 tiefer unter der Erdoberfläche, als gemessen wurde.

Zu den relativ « kalten » Rohren gehören auch die Rohre 13 und 16, während Rohr 17 immer besonders « warm » ist. Wechselnde Mischungen von Oberflächenwasser mit oberflächennahem Grundwasser oder tieferem Grundwasser aus der nähern und weitern Umgebung dürften vielleicht in den einzelnen Jahreszeiten bestimmend auf die Wassertemperatur in den Rohren einwirken.

b) Für Rohr 12 im Verlaufe eines Jahres.

Um die Tiefenlage des Grundwasserspiegels besser in Vergleich bringen zu können, wurde sie in Figur 40 anders orientiert als in Figur 39.

Wie bei den Messungen des Wasserstandes liegen für Rohr 12 vom 23. Oktober 1934 bis 8. Juni 1935 tägliche Messungen (ausgenommen Sonntags) vor und für die Zeit bis zum 30. September 1935 ein- oder mehrmalige Messungen in einer Woche.

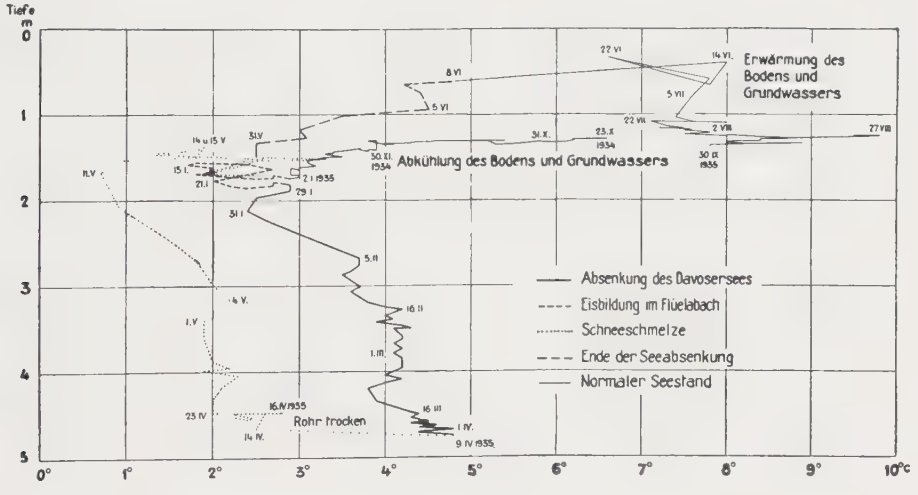


Fig. 40

Beziehung zwischen Grundwasser-Temperatur und Tiefenlage des Grundwassers, 23. Oktober 1934 bis 30. September 1935.

In Figur 40 sind durch verschiedene Stricharten die einzelnen Einflüsse und Zeiten auseinandergehalten worden. Hingewiesen sei auf folgendes:

1. *Unter dem Einfluß der starken Eisbildung im Flüelabach* hebt sich der Grundwasserspiegel in Rohr 12 um 0,17 m vom 7. bis 16. Januar 1935, obwohl gleichzeitig

[38]) Möglicherweise ist auch die auffallende « Kälte » von Rohr 6 am 27. Dezember 1933 wenigstens z. T. durch kaltes Bachwasser bedingt worden; es könnte aber auch sein, daß der Grundwasserspiegel, der in Rohr 6 durch die Seeabsenkung nur noch flach stand, durch Kälteleitung des Rohrs wesentlich abgekühlt wurde.

der Seespiegel um 1 m abgesenkt wird. Vor der Eisbildung, am 3. Januar 1935, betrug die Temperatur des Grundwassers 2,9 °, sie fiel bis zum 15. Januar auf 1,7 °; der Uebertritt von Bachwasser ins Grundwasser ist also nicht nur als Anstieg des Grundwassers, sondern auch in der Temperaturerniedrigung festzustellen.

2. Der *Einfluß der künstlichen Seeabsenkung* bedingte ein starkes Grundwassersinken von Februar bis April, wodurch z. B. vom 31. Januar bis 5. Februar 1935 das Grundwasser in Rohr 12 um 0,54 m sank und die Temperatur um 1,3 ° anstieg. Im weitern Verlauf der Seeabsenkung und des dadurch bedingten Grundwasserabsinkens in größere Tiefen stieg die Grundwassertemperatur fast gleichmäßig bis auf 4,8 ° (1., 8. und 9. April 1935). Die Temperatur des Grundwassers stieg also in zweieinhalb Monaten um 3,1 °, während gleichzeitig der Grundwasserspiegel um 4,2 m fiel.

Einige Tage war das Rohr trocken; dies trug sicher dazu bei, daß bei der Schneeschmelze nur eine Temperatur von 2,5 ° gemessen wurde.[39]) Trotz dem Anstieg des Grundwassers blieb bis zum 4. Mai 1935 die Temperatur des Grundwassers um 2 °, fiel aber mit der endgültigen Schneeschmelze (vgl. auch Fig. 36) bis auf 0,7 ° (11. Mai). Eine folgende kurze Schneebedeckung ließ die Temperatur bereits wieder steigen; die zweite Schneeschmelze erniedrigte die Temperatur am 25. Mai nochmals auf 1,9 °.

Durch die Erwärmung des Bodens ging die Erwärmung des immer höher stehenden Grundwassers auch weiter, und schon Mitte Juni wurden zum erstenmal 8 ° erreicht. Das weitere langsame Steigen der Grundwassertemperatur (der Spiegel fiel schon wieder) hängt ebenfalls von der zunehmenden Bodenerwärmung ab; es wurde zum Fallen, als Ende August die Lufttemperatur unter die Temperatur des Grundwassers fiel.[40])

Die Betrachtung der Figur 40 hat uns gezeigt — was in Figur 39 nicht dargestellt und erörtert werden konnte —, daß die Beziehung zwischen der Grundwassertemperatur und der Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche für ein Rohr im Jahresgang keine einfache ist — wie an einem bestimmten Tag für mehrere Rohre —, sondern daß je nach der Jahreszeit die dabei besonders zur Einwirkung kommenden Faktoren (Eisbildung, Schneeschmelze, Lufttemperatur, Seeabsenkung und -auffüllung) die *Leitlinien der Beziehung weitgehend modifizieren* und damit den *Jahresgang mitbedingen.*

4. Temperatur des Grundwassers und der offenen Gewässer.

a) Zwischen Flüelabach (Meßstelle IV) und Landwasser bei der Dischmabacheinmündung am 25. Januar 1935.

Am 25. Januar 1935[41]) wurde die Wassertemperatur verschiedener Bäche, Gräben und Grundwasserrohre an 15 Stellen (s. Uebersichtsplan, Tafel 1) je viermal

[39]) Wieweit die tiefe Temperatur auf Auskühlen des Rohrs und wieweit auf kaltes Schmelzwasser zurückzuführen ist, kann nicht gesagt werden.

[40]) Es wurde schon erwähnt, daß die Messungen vom 8. Juni 1935 an nicht mehr täglich ausgeführt wurden; am 26. August und am 8. September wurden sie von einem ungeübten Vertreter ausgeführt. Beides sind Gründe, weshalb sowohl die höchste Grundwassertemperatur als auch die Verzögerung zur Lufttemperatur in Rohr 12 nicht angegeben werden kann.

[41]) Zweitwärmster Tag im Januar 1935. Schneehöhe 0,43 m.

zwischen 9—18 Uhr gemessen. Es ergaben sich aus den vier gemessenen Temperaturwerten die Temperaturänderung der einzelnen Beobachtungsstellen innerhalb von 6—8 Stunden und ein « Tages »mittel. In folgender Tabelle sind die Werte zusammengestellt:

Tabelle 21

Meßstelle	Mittel 9 bis 18 Uhr	Temperaturänderung 9 bis 18 Uhr	Meßstelle	Mittel 9 bis 18 Uhr	Temperaturänderung 9 bis 18 Uhr
	°C	°C		°C	°C
Flüelabach Meßstelle IV	0,2	0,2	Rohr 12 . . .	2,8	0,2
			Rohr 13 . . .	2,7	0,2
Landwasser bei Rohr 12 .	0,2	0,1	Rohr 14 . . .	2,6	0,4
			Rohr 15 . . .	2,7	0,3
Seewasser-Dorfbach . .	1,2	1,3	Rohr 12—15 .	2,7	0,5
Graben I . . .	1,2	1,1	Mühlehofkanal b. Landwasser	1,5	0,4
Graben II . .	1,2	0,1	Graben bei „b“	3,1	0,9
Graben rechts von Rohr 14 .	2,6	0,6	Graben bei „c“	1,8	0,6
Graben links von Rohr 14 .	1,2	1,0	Landwasser b. Dischmabach .	1,8	0,9

Betrachten wir zuerst die Temperaturen in den Rohren 12—15: die Temperatur ist im allgemeinen konstant und auch die absoluten Temperaturen sind ähnlich; beides läßt auf einen geringen Einfluß der Außentemperatur schließen. Nur Rohr 14 zeigt eine etwas größere Aenderung; dies dürfte mit dem ähnlich temperierten Wasser im Graben rechts von Rohr 14 in Zusammenhang gebracht werden.

Temperaturverhältnisse im Landwasser, im Grundwasser und in den Seitengräben. Tagesmittel vom 25. Januar 1935.

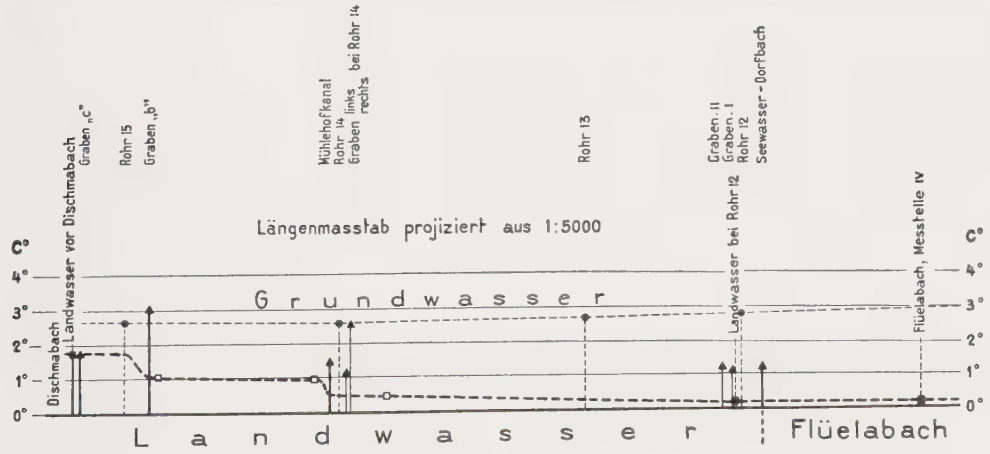


Fig. 41

Das Wasser des Flüelabachs floß oberhalb der Seewasser-Dorfbachmündung z. T. über Eis; die niedrige Temperatur bei Meßstelle IV (s. Fig. 41, rechte Seite)

und auch im Landwasser nach der Mündung des Seewassers bei Rohr 12 erklärt sich daraus.

Das Wasser des Seewassers kommt aus dem Dorfbach, in den es meist als Ueberlaufwasser aus den Reservoiren gelangt; infolge des wechselnden Ueberlaufs ergibt sich auch die größte Temperaturänderung von allen Meßstellen. Eine künstliche Ueberleitung vom Seewasser speist den Graben I. Der analoge Temperaturverlauf in den beiden Gewässern zeigt, daß Graben I fast nur Wasser aus diesem Ueberleitungswasser führt. Ganz anders verhält sich Graben II: seine Temperatur ist sehr konstant und zeigt die kleinste Temperaturänderung. Wir haben es hier mit nicht sehr großen Grundwasseraustritten der rechten Talseite zu tun.

Der Graben rechts von Rohr 14 hat mit einer größern Wasserführung eine höhere Temperatur, die im Mittel gleich der gemessenen in Rohr 14 entspricht. Der Graben links von Rohr 14 mit geringer Wasserführung zeigt einen großen Unterschied: die Temperatur liegt tiefer und größere Temperaturänderungen treten auf.

Das Wasser der beiden Gräben zusammen ergibt in Graben « c » eine etwas tiefere Temperatur; dies dürfte durch Wärmeabgabe an die kühlere Luft erreicht worden sein.

Der Temperatur nach ist der Mühlehofkanal eine abgekühlte Mischung von Wasser des Landwassers mit Grundwasser (vgl. S. 46), während auf der rechten Landwasserseite der Graben bei « b » die höchste gemessene Temperatur (3,5 °) erreicht, was wohl auf reichen Grundwasserzutritt aus tiefern Schichten schließen läßt.

Die Zuflüsse aus wärmern Seitengräben zum Landwasser haben zur Folge [42]), daß das Landwasser vor der Einmündung des Dischmabachs 1,8 ° mißt, also auf eine Entfernung von etwa 1,1 km 1,6 ° zugenommen hat. Dies macht es auch verständlich, warum es in dem meist tiefer als das Grundwasser liegenden Landwasser unterhalb der Dischmabacheinmündung seltener als z. B. bei Rohr 12 zu Eisbildungen kommt (vgl. S. 46).

Die Temperaturverhältnisse sind in einem Längenprofil (Figur 41) zur Darstellung gebracht worden.

b) Grundwasser in Rohr 12, Landwasser bei Rohr 12, Graben I und II im Winter 1934/35.

Figur 36 zeigt die gemessenen Temperaturwerte für das Grundwasser, das Landwasser, die Gräben I und II und die Luft.

Die Temperatur des Landwassers und etwas weniger die des Grabens I ändert sich stark, während das Grundwasser in Rohr 12 und das Wasser in Graben II höchstens kleine Temperaturänderungen aufweisen.

Die Regelmäßigkeit der Wasserstände und die sich wenig ändernde Temperatur des Grabens II lassen erkennen, daß der Graben II allein durch Grundwasser gespiesen wird, während im wechselnden Wasserstand und Temperaturgang des Grabens I deutlich der Zusammenhang mit den offenen Gewässern zu erkennen ist.

Weitere Unterschiede im Gang des Grundwassers und Gewässers lassen sich aus Figur 36 ersehen.

---

[42]) Und vielleicht auch die etwas wärmere Mittagstemperatur.

c) Temperaturen der Aufstöße im Davosersee am 23. und 28. Februar 1933.

Es liegen nur wenige Messungen vor; sie wurden zusammen mit den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen in Tabelle 25 auf Seite 81 angegeben.

Besonders hoch ist am kalten 23. Februar 1933 (Lufttemperaturmittel: —11,0 °) die Temperatur des Aufstoßes 104 im Davosersee: 2,8 °. Nur größere austretende Grundwassermengen können diesen verhältnismäßig großen Temperaturunterschied gegenüber dem Davosersee (mit 0,46 m mächtiger Eisdecke) und der Luft erzeugt haben.

5. Grundwassertemperaturen zur Bestimmung der Geschwindigkeit und der Fließrichtung des Grundwassers.

Durch die Verluste des Flüelabachs an das Grundwasser waren auch die Fragen gestellt worden: Wird der allgemeine Gang der Grundwassertemperatur durch die versickernde Wassermenge (65 l/sec im Winter 1931/32) beeinflußt? Ist aus der Grundwassertemperatur eine Verzögerung gegenüber der Gewässertemperatur oder eine bestimmte Fließrichtung festzustellen?

Wir sahen aus den vorausgehenden Seiten, daß das Grundwasser des Untersuchungsgebiets sich nirgends in einer Tiefe mit konstanter Temperatur bewegt. Dies wäre aber die erste Voraussetzung, um aus dem zeitlichen Unterschied des Ganges der Gewässer- und Grundwassertemperatur auf eine bestimmte Grundwassergeschwindigkeit zu schließen. Anderseits gelangt aber das Sickerwasser aus dem Flüelabach schon im Flüelatale (Fig. 24) in eine Tiefe von rund 5 m unter die Erdoberfläche, und das kalte winterliche Sickerwasser wird wahrscheinlich auf seinem Wege schon so stark erwärmt, bzw. das warme sommerliche Sickerwasser wird soweit abgekühlt, daß es auf seinem weitern Weg durch das Flüeladelta keine allzugroßen Temperaturschwankungen mehr erfahren dürfte.

Die vom Flüelabach normalerweise im Winter ins Grundwasser absickernde Wassermenge dürfte zu klein bzw. die Versickerungstiefe und die Temperaturangleichung zu groß sein, als daß sich in der Grundwassertemperatur noch das Flüelabachwasser nachweisen ließe. In einzelnen Fällen sind bei starker Eisbildung und größern Wasserverlusten im untern Teil des Deltas die Einwirkungen auf die Temperatur festgestellt worden (S. 71/72). Quantitativ läßt sich aber in keinem Fall die Sickerwassermenge aus der Grundwassertemperatur berechnen, die Verhältnisse sind dazu zu kompliziert und der Einfluß der Bodentemperatur auf die Temperatur des Grundwassers zu groß (S. 70).

L. Chemismus des Grundwassers.

1. Vorliegende Analysen des Grundwassers aus den Rohren 13 und 17.

Im Winter 1931/32 wurden von Herrn Dr. *Suchlandt,* Davos, Analysen des Grundwassers und der Gewässer im Gebiete des Flüeladeltas und der Davoserebene für unsere Untersuchungen ausgeführt. Wir möchten Herrn Dr. *Suchlandt* auch hier unsern besten Dank aussprechen.

Von den sechs Rohren 11, 13, 14, 15, 16 und 17 liegen je fünf Analysen vor; sie verteilen sich auf die Zeit von Ende November 1931 bis Mitte April 1932.

Um die Aenderung des Grundwasserchemismus für diese Zeit zeigen zu können, führen wir die Ergebnisse der Analysen für die Rohre 13 und 17 in Tabelle 22 an.

Tabelle 22

Datum	Mineralgehalt	pH	Gesamthärte	Karbonathärte	Cl	SO_4	NH_3
	mg/l		franz. Grad	franz. Grad			
Rohr 13							
29. Nov. 1931	41,4	6,8	3,0	2,0	positiv	positiv	—
21. Januar 1932	49,4	7,0	3,5	2,5	„	„	s. schwach
18. Februar 1932	39,8	6,7	2,5	2,5	1,5 mg/l	s. schwach	keine Reak.
18. März 1932	44,9	6,7	3,0	2,5	keine	positiv	„ „
16. April 1932	27,5	6,9	2,0	1,5	positiv	„	s. schwach
Rohr 17							
29. Nov. 1931	178,3	7,5	15,0	10,0	positiv	positiv	—
21. Januar 1932	133,2	7,4	10,0	6,0	keine Reak.	„	positiv
18. Februar 1932	124,6	7,3	9,0	9,0	2,5 mg/l	„	stark
18. März 1932	112,7	7,1	8,5	8,0	stark	„	positiv
16. April 1932	108,7	7,4	6,5	6,0	positiv	s. schwach	„

Die Verschiedenheit in der Zusammensetzung des Grundwassers aus den beiden Rohren ist in die Augen fallend. Zwei gut unterscheidbare Typen des Grundwassers liegen vor: das Grundwasser aus Rohr 13 ist typisch weiches Wasser aus karbonatarmen Gesteinen (Granit, Gneis usw.), wie sie im Einzugsgebiet des Flüelabachs vorherrschen, mit geringer Gesamt- und Karbonathärte und ebenfalls geringem Mineralgehalt (Tab. 22). Dagegen hat das Grundwasser aus Rohr 17 einen viel höhern Mineralgehalt, höhere Gesamt- und Karbonathärte, was sich auch im höhern pH-Wert zeigt. Bei Rohr 17 muß höchst wahrscheinlich Wasser aus andern geologischen Schichten vorliegen oder Wasser aus karbonatreichen Gesteinen mit dem « gewöhnlichen » Grundwasser gemischt worden sein. Ob dieses Wasser aus dem in Davos-Platz und am Eingang des Flüelatals (vgl. Fig. 5, S. 5) anstehenden Hauptdolomit stammen könnte, konnte nicht nachgewiesen werden; inwieweit noch äußere Verunreinigungen eine Rolle spielen können, bleibt ungewiß.

In Rohr 17 nimmt der Mineralgehalt vom 29. November 1931 bis zum 21. Januar 1932 stark ab; die Gründe für die « Verdünnung » kennen wir nicht.

Ein großer Unterschied in der Zusammensetzung des Grundwassers zeigt sich in beiden Rohren für den 16. April gegenüber dem 18. März: einsickerndes Schneeschmelzwasser bedingte diese Aenderung.

Zuerst könnte man sich über den Unterschied für Rohr 13 wundern, besonders wenn man berücksichtigt, daß Rohr 13 seit dem tiefsten Stand nur um 0,05 m gestiegen ist. Dies erklärt sich leicht durch den Umstand, daß das Grundwasser in Rohr 13 nur unter der Einwirkung der Seeabsenkung weiter gesunken wäre. Der Betrag des Grundwasseranstiegs in Rohr 13 durch Schmelzwasser ist also höher, als er gemessen wurde. Hinzu kommt, daß auch in Rohr 16, das durch die Seeabsenkung nicht beeinflußt wird, die Aenderung ebenfalls deutlich ist; ein verhältnis-

mäßig rascher Wechsel des Grundwassers muß vorhanden sein, was aber gleichbedeutend ist mit einer guten Durchlässigkeit des Untergrundes.

Ob der Mineralgehalt und die Härte in der eigentlichen Schneeschmelze (Ende April 1932) noch mehr abnahm, kann mangels weiterer Analysen nicht gesagt werden.

Eine fortlaufende chemische Beobachtung des Grundwassers zur Zeit der Schneeschmelze könnte noch manchen bessern Einblick in die Vorgänge dieser Zeit gestatten und so zur Klärung der Frage über die Herkunft des Grundwassers beitragen.

2. Grundwasseranalysen der Rohre 1—17.

Um die Unterschiede der chemischen Untersuchungsergebnisse des Grundwassers aus allen Rohren am selben Tage zu zeigen, geben wir in Tabelle 23 die wichtigsten Analysenergebnisse für die Rohre 1—17, für den Davosersee und den Flüelabach (Zustand ohne Seeabsenkung) wieder.

Tabelle 23

Ort der Probeentnahme	Mineralgehalt	pH	Gesamthärte	Karbonathärte
	mg/l		franz. Grad	franz. Grad
29. November 1931				
Rohr 1	67,7	7,1	5,0	3,5
Rohr 2	56,6	6,8	4,0	3,5
Rohr 3	66,5	6,8	5,0	3,5
Rohr 6	44,4	7,2	4,0	3,0
Rohr 7	47,6	6,8	3,5	3,0
Rohr 11	100,1	7,2	4,5	3,5
Rohr 12	37,6	6,7	3,0	2,5
Rohr 13	41,4	6,8	3,0	2,0
Rohr 14	82,6	6,6	5,0	4,0
Rohr 15	80,2	6,8	6,5	6,5
Rohr 16	80,8	7,2	5,5	3,5
Rohr 17	178,3	7,5	15,0	10,0
Davosersee	70,5	6,9	5,5	4,5
Flüelabach	43,8	7,2	4,0	4,0

Der hohe Mineralgehalt in Rohr 11, der charakteristischerweise auch stark wechselt, rührt von Abwässern, die aus einer Absitzgrube ins Grundwasser versickern. Dasselbe gilt für Rohr 14, nur ist dort die Aenderung des Mineralgehaltes nicht so groß. [43])

Das Grundwasser in Rohr 15 und wohl etwas weniger in Rohr 16 dürfte ebenfalls [44]) durch Kanalisationsabwässer verunreinigt sein, und der doppelte Mineralgehalt gegenüber den Rohren 12 und 13 kann hierauf und kaum auf eine geologische Aenderung zurückzuführen sein.

[43]) In Rohr 11 und 14 ist auch zum Unterschied von den übrigen Rohren die den Mineralgehalt herabsetzende Wirkung der Schneeschmelze nicht vorhanden.

[44]) Dies zeigen auch die Ergebnisse der Gräben « b » und « c », die einen Mineralgehalt von 89,1 und 67,7 mg/l aufweisen.

Das Grundwasser in Rohr 1 läßt nach seiner Zusammensetzung eine Beziehung zum Davosersee vermuten. Das machen auch die Wasserstände im Davosersee und in Rohr 1 wahrscheinlich: das Gefäll vom Davosersee zum Grundwasser in Rohr 1 beträgt für diese Zeit rund 0,1 m, so daß also tatsächlich Wasser des Sees ins Grundwasser fließen und sich mit ihm mischen kann.[45]) Die Mischung von infiltriertem Wasser des Sees mit Grundwasser wird nach den Analysen aus Rohr 2 (0,27 m tiefer als der See) zugunsten von letzterm verschoben, während in Rohr 3 wohl wieder mehr Wasser aus dem Seewasser oberhalb der Abschlußstelle (unterhalb ist es trocken) enthalten sein dürfte (Grundwasser in Rohr 3 liegt 0,82 m tiefer als das Seewasser).

Rohr 6 und 7 zeigen große Aehnlichkeit mit der chemischen Zusammensetzung des Wassers im Flüelabach (Meßstelle I).

Drei spätere Analysen[46]) zeigen für Schacht I große Uebereinstimmung im Trockenrückstand, in der Gesamt- und Karbonathärte mit dem Davosersee, sind dagegen besonders im Kohlen- und Kieselsäuregehalt sehr von ihm unterschieden, wie die folgende Tabelle zeigt:

Tabelle 24

	Schacht I	Davosersee	Flüelabach Meßstelle II
Trockenrückstand . mg/l	66,7	66,4	40,7
Gesamthärte . franz. Grad	3,7	3,8	2,3
Karbonathärte „ „	3,5	3,8	2,3
Cl . . . . . mg/l	0,7	0,7	1,0
freie und aggr. CO_2 . „	104,1	9,5	8,6
SiO_2 . . . . . „	14,2	6,4	10,0
SO_3 . . . . . „	9,4	7,6	6,3
N_2O_5 . . . . . „	1,4	0,6	0,5

Nach den Analysen ist vermutlich kaum Flüelabachwasser als Grundwasser zu Schacht I gekommen, dagegen ist nach den Wasserständen ein Gefäll vom Davosersee ins Grundwasser vorhanden, so daß Wasser des Davosersees ins Grundwasser abfließen kann, um als solches auch bei Schacht I vorbeizufließen.

Bemerkenswert ist der mehr als zehnmal so hohe Kohlensäuregehalt des Grundwassers gegenüber dem der beiden Gewässer.[47])

3. Salzversuche.

Ueber die Anordnung der Salzversuche siehe *Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges.

Der erste Salzversuch gelangte in einfachster Form zur Ausführung: Aus drei Fässern wurde am 11. Februar 1932 nacheinander die Kochsalzlösung dem Flüelabach bei Meßstelle I beigegeben. Im Bachbett waren dadurch während des Einlaufens

[45]) Wir möchten trotz der Aehnlichkeit auf die Möglichkeit der Verunreinigung durch Abwässer aus den Häusern in der Stilli hinweisen.

[46]) Vom 17. November 1933, ausgeführt durch die Eidg. Materialprüfungsanstalt.

[47]) Etwa zur Hälfte freie und aggressive Kohlensäure.

der Kochsalzlösung außer einem normalen Cl-Gehalt von 1—2 mg/l rund 500 mg/l Cl mehr enthalten. In den Beobachtungsrohren wurde nach den Analysen der entnommenen Proben ein Cl-Gehalt von maximal 5 mg/l festgestellt; die Verdünnung während des Fließens war also eine recht erhebliche. Aus der beigegebenen Figur 42 sind die Ergebnisse der Cl-Gehaltsbestimmung vom 11. bis 16. Februar 1932 ersichtlich; das Eintreffen der Salzwelle ist deutlich. Das absolute (gemessene) Maximum wurde für Rohr 1 bestimmt, in dem auch das Maximum am frühesten auftrat. Den Durchgang der Salzwelle zeigen auch die Rohre 2, 3, 7, 11 und 13. In Rohr 14 ist keine Einwirkung zu sehen; die Ergebnisse aus Rohr 12 sind unsicher, wie die aus Rohr 15.[48])

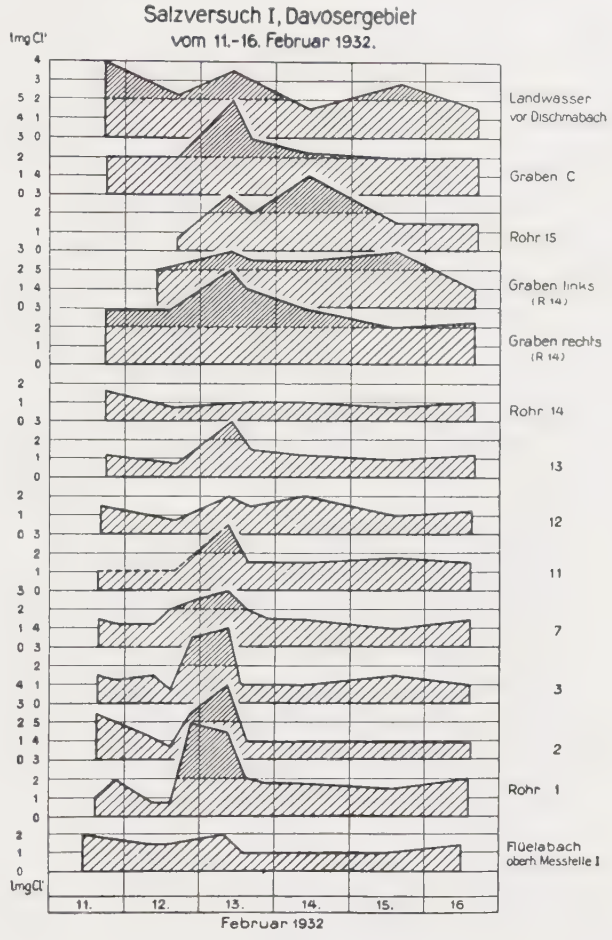


Fig. 42

Der zweite Salzversuch brachte mit einem Cl-Gehalt von etwa 570 mg/l im Flüelabachwasser einen Unterschied in den Ergebnissen: die Rohre 11 und 13 zeigen keinen Durchgang der Salzwelle mehr. Hohe Cl-Gehalte in Rohr 14, in den beiden Gräben bei Rohr 14 und 15 führen wir (vgl. S. 77) nur auf verunreinigte Abwässer und deren Einwirkung auf das Grundwasser zurück.[48])

Scheinbar wäre somit der zweite Salzversuch « negativ » ausgefallen. Dies ist aber nicht der Fall: der Davosersee stand während des Versuchs auf rund 1543 m, war also 19 m abgesenkt worden. Die Rohre 1—12 (außer 11) lagen dadurch trocken, und es konnten in ihnen keine Messungen ausgeführt werden. Den fehlenden Durchgang der Salzwelle in den Rohren 11 und 13 führen wir auf den schon an anderer Stelle (S. 31—33) beschriebenen Grund zurück, nämlich daß das Verlustwasser des Flüelabachs, das natürlicherweise sonst gegen die Davoserebene hin als Grundwasser floß, nunmehr durch die starke Seeabsenkung und deren Einwirkung auf die Grundwasserfließrichtung im Flüeladelta weitgehend dem See zufließen mußte und darum keine

[48]) In Rohr 15 können sich die Verunreinigungen der Gräben « c » bemerkbar machen (S. 77). Möglicherweise haben sich aber auch im Landwasser zurückgehaltene Salzlösungsreste, die ins Grundwasser übertraten, ausgewirkt.

Einwirkung der Kochsalzzugabe im Grundwasser dieser Rohre nachgewiesen werden konnte.

Der dritte Salzversuch (8. bis 15. Oktober 1932) war der bestausgeführte. Da aber die Wasserführung des Flüelabachs eine bedeutend größere war als bei den zwei vorausgehenden Versuchen und außerdem am 9. und 10. Oktober 1932 allein 30 mm Niederschläge fielen, war das Ergebnis wenig aufschlußreich. Es kommt hinzu, daß zu Beginn des Versuchs oberhalb der Salzzugabestelle im Flüelabachwasser schon 3 mg/l Cl festgestellt wurden (unterhalb 140 mg/l), womit alle gleich groß gefundenen Werte (3 mg/l) nicht gut verwendet werden konnten. Einzig in Rohr 7 ist mit maximal 6 mg/l, in Rohr 11 mit 22,0 und in Rohr 12 mit 25,0 mg/l Cl eine einmalige, auffallende Steigung des Cl-Gehaltes festgestellt worden. Die folgenden und vorausgehenden normalen Zahlen dieser Rohre mahnen allerdings zum Nachdenken und wir wagen darum nicht, näher auf diese Ergebnisse einzutreten.[49])

In Figur 42 ist noch die fast gleichzeitige Scheitelung der Salzwelle für die Rohre 1—11 und 13 hervorzuheben: Das zwischen Meßstelle I und III aus dem Flüelabach versickernde Wasser muß fast gleich rasch in allen Richtungen des Flüeladeltas zu den Rohren 1, 2, 3, 7 und 11 geflossen sein. Schwer zu verstehen ist nur die Gleichzeitigkeit der Salzwelle in Rohr 13, besonders weil in Rohr 12 nur eine fragwürdige Einwirkung und in Rohr 14 keine Einwirkung festgestellt werden kann.

Der andauernde Durchgang der Salzwelle dürfte hauptsächlich daher rühren, daß die Versickerungsstellen im Flüelabach auf eine längere Strecke verteilt sind, und darum das zu den Rohren fließende Grundwasser ebenfalls auf eine längere Strecke « gesalzen » wird, wodurch ein vermehrter Salzgehalt auch längere Zeit in einem Rohr nachgewiesen werden kann.

Aus der nur einmaligen Scheitelung der Salzwelle darf wohl geschlossen werden, daß das Grundwasser die Gesteinsschichten mit im Mittel ziemlich ähnlicher Geschwindigkeit durchfließt, und daß keine wesentliche Verschiedenheit im Aufbau des Flüeladeltas anzunehmen ist.[50])

Dadurch daß die Verluste des Flüelabachs sich auf eine längere Strecke ausdehnen, ist auch der zurückgelegte Weg des Grundwassers nur ungefähr in geradliniger Entfernung anzugeben. Die folgenden Zahlenangaben sind daher nur als *Größenordnungswerte* aufzufassen.

Der Weg des Wassers vom Flüelabach bis zu Rohr 1 beträgt in gerader Linie etwa 300—700 m. Die Höhendifferenz der Grundwasserstände beträgt für den 13. Februar 1932 etwa 8—13 m; hieraus berechnet sich ein « Gefäll » von etwa 20—30 $^0/_{00}$.

Etwa 35 Stunden waren seit Beginn des ersten Salzversuches verflossen, als das Maximum im Cl-Gehalt mit 5 mg/l bestimmt wurde, aber noch nach weitern 11 Stunden betrug der Cl-Gehalt 4,5 mg/l.

Die mittlere Geschwindigkeit des Grundwassers dürfte somit für den 13. Februar 1932 etwa 8—16 m/Std. betragen haben, was einer täglichen Geschwindigkeit von etwa *200—350 m* entspräche.

---

[49]) Dr. *Minder* teilte uns freundlichst mit, daß bei Salzversuchen im Limmattal ebenfalls unerklärliche Ergebnisse vorgekommen seien.

[50]) Eine große Verschiedenheit im Aufbau des Flüeladeltas hätte mehrere Scheitelungen ergeben müssen.

Diese große Geschwindigkeit kommt deshalb zustande, weil das Grundwasser in Rohr 1 durch die rund 4 m betragende Seeabsenkung schon etwa 2,5 m unter seinen natürlichen tiefsten Stand gesunken war. Unter normalen Verhältnissen des Grundwassers dürfte die *Geschwindigkeit des Grundwassers* bedeutend weniger betragen [51]), wir möchten sie mit *120—200 m im Tag als Größenordnung* angeben.

Würde von zwei Wassertropfen einer im Gewässer weiterfließen, so wäre er schätzungsweise in einem Tag im Bodensee, während der andere Tropfen, den wir uns ins Grundwasser abgesickert denken, im Flüeladelta nur etwa 120—200 m weit geflossen wäre.

4. Chemische Untersuchung der Aufstöße im Davosersee.

Im Winter 1932/33 wurden auch die Aufstöße des Davosersees am Südufer durch Herrn Dr. *Suchlandt* chemisch untersucht.

Die Ergebnisse der Wasseranalysen konnten schwerlich positiv ausfallen, da einerseits nach den in Tabelle 24 mitgeteilten Analysenergebnissen des Davosersees, Flüelabachs und Grundwassers bei dem vorhandenen weichen Wasser an und für sich die chemischen Unterschiede sehr gering sind, und anderseits sich dazu das wärmere Grundwasser nach seinem Austritt im Davosersee sofort mit dem Wasser des Sees mischt, was neben den sichtbaren Aufstößen auch eine Zirkulation des Wassers an den betreffenden Stellen des Sees hervorruft.

Die untersuchten Wasserproben stellen daher nur eine *Mischung* von Wasser des Davosersees mit Grundwasser dar und diese Mischung selbst ist je nach dem Ort der Probenahme, der Stärke des Aufstoßes, der herrschenden Wasserbewegung und anderm mehr, verschieden.

Weiter wolle man bedenken, daß bei der Chlorbestimmung eine Genauigkeit von etwa 0,5—1,0 mg/l und bei der Härtebestimmung eine solche von etwa 0,5 franz. Graden erreicht wird und daß die natürlichen Aenderungen im Chemismus eines Wassers schon im Laufe der Zeit den gleichen Betrag ausmachen können, wie er für die mögliche Genauigkeit angeführt wurde.

Tabelle 25

	Februar 1933		Temperatur	Cl	Gesamthärte	Karbonathärte	Sulfatgehalt	Ammoniakgehalt
	Tag		°C	mg/l	franz. Grad	franz. Grad		
Flüelabach Meßstelle I	23.	12.30 Uhr	0	2,0				
	28.	10.15 „	0,2	1,75	4,25	3,25	positiv	positiv
Davosersee 50 m vom Ufer	23.	12.55 „	0	1,0				
	28.	11.50 „	0,1	1,0	4,25	3,25	positiv schwächer	positiv
Aufstoß 101	23.	13.10 „	1,2	2,25				
	28.	11.30 „	1,1	1,5	5,0	4,25	positiv	deutlich weniger
Aufstoß 102	23.	13.30 „	1	1,0				
	28.	11.15 „	0,8	1,0	5,0	4,25	positiv	positiv
Aufstoß 103	23.	13.45 „	1	1,0				
	28.	11.00 „	1,1	1,25	4,75	4,25	positiv	positiv
Aufstoß 104	23.	14.00 „	2,8	1,25				
	28.	10.45 „	2,4	1,25	5,25	4,5	positiv	positiv

[51]) Im Gültigkeitsbereich des Darcyschen Gesetzes ist die Geschwindigkeit proportional dem Gefäll.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Herrn Dr. *Suchlandt* sind in Tabelle 25 zusammengestellt.

Wir können aus dieser Tabelle entnehmen, daß chemische Untersuchungen allein nicht genügen können, um die Frage zu beantworten, ob das Wasser der Aufstöße Flüelabachwasser sei oder nicht.[52])

Einen bessern Einblick in die Grundwasserverhältnisse bei künstlicher Seeabsenkung, als ihn die chemischen Untersuchungen der Aufstöße geben konnten, vermitteln die Grundwassergefällsverhältnisse von Rohr 1 und 2 zum Davosersee, die Ergebnisse des ersten Salzversuches und die in Tabelle 25 angegebenen Temperaturwerte des Wassers in den Aufstößen (vgl. S. 75).

M. Menge des Grundwassers.

Die zahlenmäßige Bestimmung der Grundwassermenge eines Gebiets ist heute noch eine der schwierigsten Aufgaben der Gewässerkunde.

Schon wegen der zahlreichen Vorfluter und deren Lage, des Wechsels der Gesteinsschichten in Breite und Mächtigkeit, des verhältnismäßig großen Gefälles des Grundwassers kommt eine einfache *rechnerische Lösung (Koehne* [31 und 32]) zur Bestimmung der Grundwassermenge für die Verhältnisse in der Landschaft Davos gar nicht in Frage, weil zu viele vereinfachende Annahmen gemacht werden müßten, die die in der Natur gegebene Mannigfaltigkeit vollkommen unberücksichtigt lassen würden. Es kommt hinzu, daß wir über viele Daten kaum unterrichtet sind und bei andern nur die Größenordnung angeben könnten, wie z. B. Breite und Mächtigkeit der grundwasserführenden Schichten, Gefäll und Fließrichtung des Grundwassers usw.

Aber auch die *direkte Messung* des in die Vorfluter (z. B. Davosersee, Grundwassergräben) austretenden Grundwassers ist in der Landschaft Davos technisch unmöglich.

Wir mußten verschiedene Wege einschlagen und kombinieren, um die Grundwassermenge ihrer Größenordnung nach festzustellen. Zwei Annahmen mußten von vornherein gemacht werden:

1. die Verluste des Flüelabachs beginnen erst bei Meßstelle I (vgl. S. 43 unten);
2. die gemessenen Verluste mit 65 l/sec im Winter 1931/32 fließen alle durchs Flüeladelta entweder dem Landwassertal oder dem Davosersee zu.

Da die Messungen der offenen Gewässer hauptsächlich im Winter 1931/32 durchgeführt worden waren, wurden im folgenden auch alle Zahlenwerte für den Winter 1931/32 berechnet oder geschätzt.

1. Flüeladelta.

An Hand der winterlichen spezifischen Abflußwerte der Gewässer der Landschaft Davos (*Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges) haben

[52]) Wir sind der Meinung, daß schon eine solche Fragestellung ungenau wäre, denn das aus dem Flüelabach ins Grundwasser absickernde Wasser wird sich auf seinem Weg zum Davosersee ändern, mit neuen Stoffen beladen und darum bei seiner Ankunft im Davosersee eine andere Zusammensetzung als das Flüelabachwasser aufweisen.

wir den winterlichen Abfluß aus dem rund 1 km² großen Flüeladelta (mit seinen Hängen) zu rund 8 l/sec/km² berechnet; das Abwasser, das im Flüeladelta ins Grundwasser versickert, vermehrt diesen Betrag noch um 1 l/sec.

Zum natürlichen winterlichen Abfluß kommt noch die Verlustwassermenge des Flüelabachs mit im Mittel 65 l/sec, die auch durch das Flüeladelta fließt.[53])

Es handelt sich jetzt noch um die Verteilung der Wassermengen. Wir stellten sie in den folgenden Tabellen *26* und *27* zusammen:

a) unter der Annahme, daß der Davosersee im Winter 1931/*32* nicht abgesenkt worden sei und somit natürliche Verhältnisse vorgelegen haben;
b) für den Winter 1931/*32* mit künstlicher Seeabsenkung.

a) Winter 1931/32: Annahme eines unabgesenkten Davosersees.

Die Verteilung der Flüelabachverluste ist am einfachsten:

Im Winter tritt unter natürlichen Verhältnissen nach den schon am Anfang des Winters beobachteten Grundwasserständen (Rohr 1 und *2* in Tafel 3, Fig. a und b) Wasser des Davosersees ins Grundwasser über; es konnte nur noch ein kleines Gebiet (und eine kleine Wassermenge) für den winterlichen Grundwasserzufluß zum Davosersee in Betracht kommen. Das Seewasser kann, weil sein Wasserspiegel im Winter immer höher als der des Grundwassers liegt (S. *62*), kein Wasser der Flüelabachverluste erhalten. Fast alles Verlustwasser des Flüelabachs muß bei natürlichem Seespiegel im Winter dem Landwassertal unterirdisch zufließen (Tab. *26*).

Aehnlich muß sich der natürliche winterliche Abfluß aus dem Flüeladelta verteilen: der allergrößte Teil muß ebenfalls dem Landwassertal zufließen.

Unter natürlichen Verhältnissen fließt auch im Winter alles aus dem Davosersee und Seewasser ins Grundwasser übertretende Wasser dem Landwassertal zu (Tab. *26*).

Im Mittel beträgt für den Winter 1931/*32* das dem Landwassertal aus dem und durch das Flüeladelta zufließende Grundwasser 85,0 l/sec (Tabelle *26*).

Da im Sommer *1932* nur wenige Messungen vorgenommen wurden, sind wir für die Verlustmengen des Flüelabachs, den Abfluß aus dem Flüeladelta usw. auf nur angenäherte Werte angewiesen.

Im Sommer ist außerdem, unterschiedlich zum Winter, die Verteilung der Wassermengen eine wenig sichere; beobachtete Grundwasseraustritte im Seewasser (S. *27*/*28* und *62*) und die Grundwasserstände in Rohr 1 und *2* machen es — neben der sichtbaren Wasserführung der Gräben im Flüeladelta gegen den Davosersee hin — gewiß, daß größere Grundwassermengen besonders bei hohen Grundwasserständen in den Davosersee und ins Seewasser übertreten.

In Tabelle *26* sind für die einzelnen Gewässer die aus dem Flüeladelta zufließenden Grundwassermengen zusammengestellt worden, wobei der Anteil des gebietsfremden Wassers an der Grundwassermenge, die in diesen Gewässern enthalten ist, besonders beigefügt wurde.

---

[53]) Nicht gemessen wurden die winterlichen Verluste des Davosersees und des Seewassers. Aus den verschiedenen Berechnungen der Wassermengen, die dem Davosersee zufließen und aus den Messungen des Seeabflusses in frühern Jahren (*Lütschg O.:* Z. Wasserh. d. Schw. Hochgeb.), aus den Gefällsverhältnissen des Grundwassers (Tab. 18) ließen sich die Verluste des Davosersees und des Seewassers ungefähr angeben.

Flüeladelta 1931/32 ohne Seeabsenkung in l/sec (geschätzt).

Tabelle 26

	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.-April	Mai-Okt.	Nov.-Okt.
Flüelabachverluste[1]:															
Gesamt	65[2]	65	65	65	65	65	84	125	125	92	76	70	65,0	95,0	80,0
Hiervon fließen zum Davosersee . . (DS)	5[3]	3	2	1	1	3	10	20	20	12	9	7	2,5	13,0	7,5
Seewasser . . (Sw)	—	—	—	—	—	—	9[4]	20	20	5	—	—	—	9,0	4,5
Landwassertal . . (Lwt)	60	62	63	64	64	62	65	85	85	75	67	63	62,5	73,0	68,0
Flüeladelta[5]:															
Natürlicher Abfluß .	12[6]	10	8	7	7	10[6]	40	45	50	38	26	17	9,0	36,0	22,5
Hiervon fließen zum DS	2	2	1	1	1	2	6	7	9	7	5	3	1,5	6,0	4,0
Sw	—	—	—	—	—	—	5	7	8	4	—	—	—	4,0	2,0
Lwt	10	8	7	6	6	8	29	31	33	27	21	14	7,5	26,0	16,5
Davoserseeverluste[7] .	9	11	13	14	15	10	—	—	—	—	—	6	12,0	1,0	6,5
Seewasserverluste[7], [8] .	4	3	3	2	2	4	—	—	—	3	4	5	3,0	2,0	2,5
Ausfluß zum Davosersee															
Flüelabach[9] . **(FB)**	*5*	*3*	*2*	*1*	*1*	*3*	*10*	*20*	*20*	*12*	*9*	*7*	*2,5*	*13,0*	*7,5*
Flüeladelta . (FD)	2	2	1	1	1	2	6	7	9	7	5	3	1,5	6,0	4,0
Aus FB und FD .	7	5	3	2	2	5	16	27	29	19	14	10	4,0	19,0	11,5
Davoserseeverluste .	9	11	13	14	15	10	—	—	—	—	—	6	12,0	1,0	6,5
Davosersee	–2	–6	–10	–12	–13	–5	16	27	29	19	14	4	–8,0	18,0	5,0
Ausfluß zum Seewasser:															
FB[10]	—	—	—	—	—	—	*9*[11]	*20*	*20*	*5*	—	—	—	*9,0*	*4,5*
FD	—	—	—	—	—	—	5	7	8	4	—	—	—	4,0	2,0
Aus FB und FD .	—	—	—	—	—	—	14	27	28	9	—	—	—	13,0	6,5
Seewasserverluste .	4	3	3	2	2	4	—	—	—	3	4	5	3,0	2,0	2,5
Seewasser	–4	–3	–3	–2	–2	–4	14	27	28	6	–4	–5	–3,0	11,0	4,0
Davoserseeverluste . .	9	11	13	14	15	10	—	—	—	—	—	6	12,0	1,0	6,5
Seewasserverluste . . .	4	3	3	2	2	4	—	—	—	3	4	5	3,0	2,0	2,5
Gesamtverluste	13	14	16	16	17	14	—	—	—	3	4	11	15,0	3,0	9,0
davon gebietsfremd[9], [10]	*5*	*3*	*2*	*1*	*1*	*3*	*19*	*40*	*40*	*17*	*9*	*7*	*2,5*	*22,0*	*12,0*
Verluste gebietseigenen Wassers aus DS u. Sw	8	11	14	15	16	11	—	—	—	—	—	4	12,5	0,5	6,5
Ueberschuß an gebietsfremdem Wasser .	—	—	—	—	—	—	*19*	*40*	*40*	*14*	*5*	—	—	*19,5*	*9,5*
													12,5	*19,0*	*3,0*
Abfluß ins Landwassertal: FB	60	62	63	64	64	62	65	85	85	75	67	63	62,5	73,0	68,0
FD	10	8	7	6	6	8	29	31	33	27	21	14	7,5	26,0	16,5
DS	9	11	13	14	15	10	—	—	—	—	—	6	12,0	1,0	6,5
Sw	4	3	3	2	2	4	—	—	—	3	4	5	3,0	2,0	2,5
Abfluß, total	83	84	86	86	87	84	94	116	118	105	92	88	85,0	102,0	93,5
Durchfluß durch das Flüeladelta: FB . .	65	65	65	65	65	65	84	125	125	92	76	70	65,0	95,0	80,0
FD	12	10	8	7	7	10	40	45	50	38	26	17	9,0	36,0	22,5
Sw + DS	13	14	16	16	17	14	—	—	—	3	4	11	15,0	3,0	9,0
Durchfluß, total . . .	90	89	89	88	89	89	124	170	175	133	106	98	89,0	134,0	111,5

[1]) Die Flüelabachverluste gelten nur für die Strecke zwischen Meßstelle I—IV, eventuell oberhalb der Meßstelle I mögliche Verluste wurden — weil nicht näher bekannt — in der Zusammenstellung nicht berücksichtigt.

[2]) Für November bis April gleiche Verluste angesetzt; Verluste bei Eisbildung nicht berücksichtigt.

[3]) Vergleiche Davoserseestände und Grundwasser. — [4]) Vergleiche Seewasserstände und Grundwasser.

[5]) Im natürlichen Abfluß ist auch 1 l/sec Versickerungswasser aus Abläufen; das Einzugsgebiet (E) des Flüelabachs (FB) umfaßt etwa alles was unterhalb der Mitte von Meßstelle FB I — FB II liegt; am Davosersee — Flüelabach, siehe Abgrenzungskarte; vom Seewasser wurde ein kleiner Teil dazugerechnet.

[6]) Im Mittel stand das Grundwasser R 15—17 im April 1932 nicht ganz so hoch wie im November 1931, darum wurde der April immer etwas niedriger angenommen. — [7]) Fließen immer ins Landwassertal.

[8]) Es wird angenommen, daß die Verluste vom Davosersee bis zum gußeisernen Pegel des Seewassers auftreten und daß sie bei den Wassermengen dort nicht mehr enthalten seien.

[9]) Ist für den Davosersee (Sw Einzugsgebiet) gebietsfremdes Grundwasser.

[10]) Ohne Zuflüsse von der rechten Seewasserseite (vom Davosersee bis Landwasser).

[11]) Ist für das Seewasser gebietsfremdes Wasser.

Flüeladelta 1931/32 mit Seeabsenkung in l/sec (geschätzt).

Tabelle 27

	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.-April	Mai-Okt.	Nov.-Okt.
Flüelabachverluste:															
Gesamt	65[1])	65	65	65	65	65	84	125	125	92	76	70	65,0	95,0	80,0
Hiervon fließen zum															
Davosersee (DS)	5	15	20	30	40	40	30	25	20	12	9	7	25,0	17,0	21,0
Seewasser (Sw)	–	—	—	—	—	—	—	10	20	5	—	—		6,0	3,0
Landwassertal (Lwt)	60	50	45	35	25	25	54	90	85	75	67	63	40,0	72,0	56,0
Flüeladelta (FD)[2]):															
Natürlicher Abfluß	12	10	8	7	7	10	40	45	50	38	26	17	9,0	36,0	22,5
Hiervon fließen zum															
DS	2	3	3	4	5	6	20	12	9	7	5	3	4,0	9,0	6,5
Sw	—	—	—	—	—	—	—	4	8	4	—	—	—	2,5	1,0
Lwt	10	7	5	3	2	4	20	29	33	27	21	14	5,0	24,5	15,0
Flüeladelta:															
Künstlich. Abfluß DS	—	5	3	20	14	6	—	—	—	—	—	—	8,0	—	4,0
Davoserseeverluste:	9	6	3	–	—	—	–	—	–	—	—	6	3,0	1,0	2,0
Seewasserverluste:	—		—	—	—	—	—	—	—	3	4	—	—	1,0	0,5
Ausfluß zum Davosersee:															
Flüelabach (FB)	*5*	*15*	*20*	*30*	*40*	*40*	*30*	*25*	*20*	*12*	*9*	*7*	*25,0*	*17,0*	*21,0*
FD natürlich	— 2	*1* 2	*2* 1	*3* 1	*4* 1	*4* 2	*9* 11	*2* 10	— 9	— 7	— 5	— 3	*2,5* 1,5	*2,0* 7,0	*2,0* 4,5
FD künstlich	—	5	3	20	14	6	—	—	—	—	—	—	8,0	—	4,0
Ausfluß, total	7	23	26	54	59	52	50	37	29	19	14	10	37,0	26,0	31,5
Davoserseeverluste	9	6	3	—	—	—	—	–	—	—	—	6	3,0	1,0	2,0
Davosersee	–2	17	23	54	59	52	50	37	29	19	14	4	34,0	25,0	29,5
Ausfluß zum Seewasser:															
FB	–	—	–	—	—	—	—	*10*	*20*	*5*	—	—	—	*6,0*	*3,0*
FD natürlich	–	—	—	—	—	–	—	4	8	4	—	—	–	2,5	1,0
Ausfluß, total	–	—	—	—	—	—	—	14	28	9	—	—	—	8,5	4,0
Seewasserverluste	–	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4	—	—	1,0	0,5
Seewasser	–	—	—	—	—		—	14	28	6	–4	—	—	7,5	3,5
Abfluß ins Landwassertal: FB	60	50	45	35	25	25	54	90	85	75	67	63	40,0	72,0	56,0
FD	10	7	5	3	2	4	20	29	33	27	21	14	5,0	24,5	15,0
DS	9	6	3	—	—	—	—	—		—	—	6	3,0	1,0	2,0
Sw	—	—	—	—	—	—	—	–		3	4	—	—	1,0	0,5
Abfluß, total	79	63	53	38	27	29	74	119	118	105	92	83	48,0	98,5	73,5
Durchfluß durch das Flüeladelta: FB	65	65	65	65	65	65	84	125	125	92	76	70	65,0	95,0	80,0
FD	12	15	11	27	21	16	40	45	50	38	26	17	17,0	36,0	26,5
Sw + DS	9	6	3	—	—		—	—	—	3	4	6	3,0	2,0	2,5
Durchfluß, total	86	86	79	92	86	81	124	170	175	133	106	93	85,0	133,0	109,0

[1]) Es ist dies ein Mittelwert für alle Wintermonate, da die Einzelwerte alle mit Fehlern behaftet sind. Nicht berücksichtigt wurden die Verluste durch Eisbildung.

[2]) Siehe Bemerkungen auf Tabelle 26 „ohne Seeabsenkung".

Kursiv-Zahlen: gebietsfremdes Wasser.

b) Winter 1931/32: Künstliche Absenkung des Davosersees.

Die Gesamtverlustmengen aus dem Flüelabach und der natürliche Abfluß des Flüeladeltas bleiben auch bei Seeabsenkung gleich. Hinzu kommen aber noch die Grundwassermengen, die durch das Mehrabsinken des Grundwasserspiegels infolge der Seeabsenkung ebenfalls aus dem Flüeladelta dem Davosersee zufließen. Die durch das Sinken des Grundwasserspiegels freiwerdenden Räume wurden in Gesteinskubikmetern geschätzt und hieraus mit Hilfe der spezifischen Wasserlieferung (S. 9) ein Grundwasserausfluß aus dem Flüeladelta zum Davosersee von rund 8 l/sec für den Winter 1931/32 berechnet. Gleichzeitig mit der Seeabsenkung vermehrt sich aber auch das Grundwassergefäll zum Davosersee hin (Tab. 18), es treten große Grundwassermengen im Davosersee aus (Aufstöße S. 33 u. f. und erster Salzversuch S. 78/79) und gleichzeitig sinkt der Grundwasserspiegel durch die Einwirkung der Seeabsenkung in den landwasserabwärts gelegenen Rohren, wodurch nicht nur die absolute Höhe des Grundwasserspiegels, sondern auch das Grundwassergefäll (vgl. Tabelle 18, auch Fig. 35) und damit die Grundwassermenge verringert wird.

Schon bei kleiner Seeabsenkung treten keine Verluste aus dem Davosersee mehr auf (das Grundwasser fließt zum See) und das Seewasser kann deren keine mehr haben, weil es trocken liegt.

Nach all diesen Befunden und Ergebnissen und unter Vergleich der unabhängig davon gewonnenen Werte für die Zuflüsse zum abgesenkten Davosersee im Winter 1931/32 (*Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges), wurde die Verteilung der Grundwassermengen in Tabelle 27 vorgenommen. Für die einzelnen Gewässer wurden die Grundwassermengen in Tabelle 27 wieder einzeln zusammengestellt. Der gesamte Ausfluß zum Landwassertal beträgt bei künstlicher Seeabsenkung im Mittel des Winters 48 l/sec, im Minimum für den März nur 27 l/sec.

Ein Vergleich der Werte des ins Landwassertal ausfließenden Grundwassers ohne und mit Seeabsenkung (für den Winter 1931/32) zeigt den Einfluß der künstlichen Seeabsenkung auf die Grundwassermenge, die aus dem Flüeladelta dem Landwassertal zufließt (Tab. 28). Die Grundwassermenge ist nach dieser Zusammenstellung auf maximal etwa ein Drittel zurückgegangen [54]) und im Mittel des Winterhalbjahrs beträgt sie noch etwa 55 % des natürlichen Grundwasserabflusses.

Flüeladelta 1931/32.

Vergleich der geschätzten Werte mit und ohne Seeabsenkung.

Einfluß der Seeabsenkung auf den unterirdischen Abfluß des Flüeladeltas zum Landwassertal in l/sec.

Tabelle 28

Abfluß ins Landwassertal	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.-April	Mai-Okt.	Nov.-Okt.
Ohne Seeabsenkung	83	84	86	86	87	84	94	116	118	105	92	88	85,0	102,0	93,5
Mit Seeabsenkung	79	63	53	38	27	29	74	119	118	105	92	83	48,0	98,5	73,5
Differenz	−4	−21	−33	−48	−60	−55	−20	+ 3	—	—	—	−5	37,0	3,5	20,0

[54]) Dies steht mit einer überschlägigen Rechnung unter Verwendung des Darcyschen Gesetzes für den Gefällsrückgang zwischen den Rohren 12 und 13 nicht in Widerspruch.

2. Davosersee.

Die ungefähre Bestimmung der dem Davosersee im gesamten zufließenden und aus ihm abfließenden Grundwassermenge war schwieriger. Wir beschränken uns auf einige Hauptergebnisse. [55])

Schon ein oberflächlicher Vergleich des oberirdischen Abflusses des Totalpbachs mit dem des Salezerbachs hatte gezeigt, daß im Winter 1931/32 große Wassermengen des Totalpbachs dem Davosersee unterirdisch als Grundwasser zufließen müssen. Dies war aber auch schon ohne diesen Vergleich sicher, weil in einzelnen Wintermonaten überhaupt kein oberirdischer Zufluß aus dem Totalpgebiet zum Davosersee stattfand, dafür aber Grundwasseraufstöße am Nordufer beobachtet wurden.

Unsere Schätzung, unter Berücksichtigung des Einzugsgebietes, des Niederschlages und der winterlichen Abflußspende, ergab für den Grundwasserzufluß aus dem Totalpgebiet bei normalem Seestand etwa 20—30 l/sec. Ebenso ermittelten wir die Grundwassermengen aus dem Drusatschagebiet (Einzugsgebiet des Bachs und Bergsturzes) und das übrige zum Davosersee fließende Grundwasser mit ungefähr 15—20 l/sec.

Durch die Seeabsenkung im Winter 1931/32 wurde die bei normalem Seestand zutretende Grundwassermenge noch um die infolge Grundwasserspiegelsinkens freiwerdende Grundwassermenge (etwa 10—20 l/sec) vermehrt.

Die ermittelten Grundwassermengen des Davosersees wurden für das Winterhalbjahr 1931/32 in Tabelle 29 zusammengestellt. [56])

Aus dieser Tabelle ist der Einfluß der künstlichen Seeabsenkung auf den Grundwasserzu- und -abfluß für den Davosersee deutlich zu erkennen.

Grundwasserzuflüsse zum Davosersee und Einfluß der künstlichen Seeabsenkung auf diese Grundwassermenge im Winter 1931/32.

Tabelle 29

Grundwasser	Ohne Seeabsenkung	Mit Seeabsenkung	Unterschied
	l/sec	l/sec	l/sec
Zufluß			
Flüelabach	*2,5*	*2,5 + 22,5 = 25,0* } 27,5	*22,5* } *25,0*
Flüeladelta, natürlich .	1,5	1,5 + 2,5 = 4,0 } 12,0	*2,5* }
künstlich .		8,0 }	8,0
Totalpdelta	25,0	25 + 10 = 35,0	10,0
Übriges Gebiet . . .	19,0	19 + 4 = 23,0	4,0
Abfluß	48,0	95,0	47,0
Davosersee + Seewasser			
gebietseigen	12,5	0,5	12,0
gebietsfremd	*2,5*	*2,5*	
Total	33,0	92,0	59,0

Kursiv = gebietsfremdes Wasser für das Davosergebiet.

[55]) Ausführlicher: *Lütschg O.:* Z. Wasserh. d. Schw. Hochgeb.

[56]) Die Monatswerte sind bei *Lütschg O.:* Z. Wasserh. d. Schw. Hochgeb. angegeben.

Vergegenwärtigen wir uns noch, daß der gemessene oberirdische Zufluß zum Davosersee im Mittel des Winters 1931/32 nur 23 l/sec beträgt, so wird klar, wie wenig diese Zahl über die Gesamtzuflußmengen (128,5 l/sec) zum Davosersee auszusagen vermag und wie der nicht direkt gemessene Grundwasserzufluß zum Davosersee für den winterlichen Abfluß des Sees entscheidend ist. Diese unterirdischen Zuflüsse zum Davosersee werden durch Wassermessungen im Seewasser schon viel besser erfaßt, weil die im Winter als Grundwasser aus dem Davosersee ausfließende Wassermenge nur noch etwa ein Fünftel des Gesamtabflusses ausmacht.

N. Jährlicher Gang und Spielraum des Grundwassers.

Jeder Spiegel des Grundwassers hat im Flüeladelta und in der Davoserebene seinen bestimmten Jahresgang, der aber nicht einfach kontinuierlich verläuft, sondern aus dem Zusammenwirken vieler Faktoren entsteht.

1. Bei normalem Seespiegel.

Die höchsten und tiefsten Stände des Grundwassers an einem Ort sind allgemein in unserm Untersuchungsgebiet weitgehend durch die Lage und die Entfernung des Vorfluters bedingt.[57])

In den einzelnen Jahren schwanken die Maxima und Minima nur geringfügig in ihrer absoluten Höhe. Die Minima treten vor der Schneeschmelze, etwa im März, auf, während für die Maxima die Zeit des Auftretens weniger gut anzugeben ist; häufig fallen sie in den Juni oder Juli.

Die Minima und Maxima der Grundwasserstände treten für alle Rohre zeitlich meist zusammen oder nahe beieinander auf. Gewisse Unterschiede können besonders dann entstehen, wenn zwei Rohre in der Nähe von zwei verschiedenen Vorflutern liegen, und diese Vorfluter selber wieder einen verschiedenen Jahresgang haben, z. B. Davosersee und Rohr 1 und 2 und Flüelabach-Landwasser und Rohr 7—17.

Maxima der Wasserstände in den Untersuchungsjahren und Minima bei natürlichen Verhältnissen[58]) und der hieraus berechnete Spielraum des Grundwassers wurden in Tabelle 30 zusammengestellt.

Dieser Spielraum des Grundwassers ist je nach Lage des Rohrs zum Vorfluter recht verschieden: ist dieser entfernter, so schwankt das Grundwasser stark (Rohr 6 und 7), ist er nah und schwankt er selbst wenig, so ist dies auch im Grundwasser festzustellen (Rohr 13).

2. Bei abgesenktem Seespiegel.

Da eine stärkere Absenkung des Davosersees vertragsmäßig erst im Winter vorgenommen werden darf, sind die gemessenen Maxima unbeeinflußt. Dagegen werden, wie in Tabelle 12 zusammengestellt ist, die Minima durch die Seeabsenkung

[57]) Für das Maxima auch durch die Erdoberfläche.

[58]) Vgl. Anmerkung [1]) Tab. 12.

stark beeinflußt. Der Spielraum des Grundwasserspiegels erreicht durch die künstliche Seeabsenkung zum Teil das Mehrfache des natürlichen. Die Einzelwerte sind ebenfalls in Tabelle 30 angegeben.

Tabelle 30

	Höchster Stand		Tiefster Stand			Spielraum	
			ohne Seeabsenkung	mit Seeabsenkung		natürlich	künstlich
	m ü. M.	Datum	m ü. M.	m ü. M.	Datum	ca. m	ca. m
Rohr 1 . .	1562.82	17. Juni 33	1561.5 [2])	—	—	1,3 [2])	—
Rohr 2 . .	1562.67	17. „ 33	1561.25[2])	—	—	1,4 [2])	—
Rohr 3 . .	1562.61	11. Juli 33	1560 6 [2])	—	—	2,0 [2])	—
Rohr 6 . .	1562.74	15. „ 33	1560.3 [2])	—	—	2,5 [2])	—
Rohr 7 . .	1561.90	11. „ 33	1559.7 [2])	1556.1 [3])	—	2,2 [2])	5,8 [3])
Rohr 12 . .	1559.48	15. „ 33	1558.15[2])	1554.8	—	1,4 [2])	4,7
Rohr 13 . .	1556.18	15. „ 33	1555.8 [2])	1553.94	20. April 1932	0,4 [2])	2,24
Rohr 14 . .	1551.49	15. „ 33	1550.75[2])	1550.37	1. April 1932	0,8 [2])	1,12
Rohr 15 . .	1547.63	15. „ 33	1546.85[2])	1546.78	9. März 1932	0,8 [2])	0,85
Rohr 16 . .	1542.40	15. „ 33	1541.73	11. März 1932 und 14. März 1933		0,67	—
Rohr 17 . .	1538.28	15. „ 33	1537.35	23. März 1932 und 6. März 1933		0,93	—
Davosersee .	1562.25 [1])	—	1561.75 [3])	1539.15	29. April 1932	0,5	23,1
Flüelabach Meßstelle IV	1565.37	13. Dez. 33	1564.50	13. März 1934		0,87	—
Landwasser Meßstelle «z»	1547.77	15. Juli 33	1547.30	13. „ 1934		0,47	—
Landwasser Arenno . .	1536.10	15. „ 33	1535.10	12. „ 1932		1,0	—

[1]) 1935 wurden noch höhere Seestände beobachtet.
[2]) Interpoliert oder abgeschätzt.
[3]) Aus einer Relation zwischen Seewasser und Davosersee erhalten *(Lütschg O.:* Z. Wasserh. d. Schw. Hochgeb.).

O. Höhenlinienpläne des Grundwassers.

Für die Konstruktion der Höhenlinien verwendeten wir als Unterlagen:

1. Die gemessenen Grundwasserstände in den Rohren 1—17, in Schacht I und II (bzw. III), im Keller des Eisbahnpavillons und den einmal gemessenen Grundwasserstand aus der Grube am Flüelabach (s. Uebersichtsplan, Tafel 1, S. 1).
2. Die Wasserstände des Hauptgewässers und seiner Seitenbäche und -gräben, die entweder direkt gemessen worden waren oder für Zwischenstrecken interpoliert werden konnten. Es konnten etwa 50 Meßstellen der Gewässer mitbenutzt werden; dies hat zur Folge, daß die Höhenlinien in den Zeichnungen stark an die Gewässer gebunden sind.
3. Die Höhenlinien des Geländes nach der Meßtischaufnahme 1 : 5000. Bekannte Austrittsstellen des Grundwassers und deren Höhe aus dem Meßtischblatt dienten ebenfalls zur Festlegung der Höhenlinien des Grundwassers.

Die Pläne sind ein Versuch, die Grundwasserverhältnisse des Davoser Hochtals nach den vorhandenen Unterlagen einmal darzustellen. Die *Höhenlinienpläne*

sind lückenhaft und bleiben *schematisch*. Es brauchte noch viele weitere Punkte, um einen Plan herzustellen, der der Wirklichkeit einigermaßen gerecht würde.

Aus diesem Grunde zeichneten wir auch nur in der Kurvenkarte, Tafel 5 die wahrscheinlichen Höhenlinien des Grundwassers über die ganze Breite der Davoserebene und des Flüeladeltas. Nur dort, wo uns die Höhenlinien sicherer erschienen, zogen wir sie aus.

Wir wählten von allen vorhandenen Tagen drei besonders charakteristische zur Darstellung aus und fügten noch einen Kurvenplan der mutmaßlich tiefsten Lage des Grundwasserspiegels bei.

Am 15. Juli 1933 (Kurvenkarte, Tafel 5) waren im allgemeinen die höchsten Wasserstände im Grundwasser und in den Gewässern. Im Plan fällt uns eine Grundwasser« zunge » auf, die zwischen Rohr 2 und 3 vorstößt. Das Grundwasser kann aber in dieser Richtung nicht in den Alluvionen weiterfließen, so tritt es — gewissermaßen am Fels des Untergrundes gestaut — nicht nur nach vorne in das Seewasser über, sondern es fließt auch nach rechts zum Davosersee und nach links ins Landwassertal.

Zwischen Rohr 12 und 14 speisen Verluste des Landwassers das Grundwasser und treten wohl zum größten Teil in den links- und rechtsufrigen Grundwassergräben wieder aus.

Am 5. Dezember 1933 (Kurvenkarte, Tafel 6) haben sich die Grundwasserverhältnisse besonders im Flüeladelta vollkommen geändert: der Davosersee steht höher als das Grundwasser in Rohr 2 und Wasser des Davosersees tritt ins Grundwasser über; eine starke Gefällsverminderung gegenüber dem Sommerstand hat sich ebenfalls im Bereich des Flüeladeltas ergeben.

Die zu Beginn des Winters erreichte Verteilung der Höhenlinien im Bereich des Davosersees und Flüeladeltas ändert sich unter natürlichen Seeverhältnissen nur noch wenig. Fast alles Grundwasser des Flüeladeltas fließt dem Landwassertal zu und es ergeben sich für den tiefsten Stand des Grundwassers ungefähr die Höhenlinien, wie sie in der Kurvenkarte, Tafel 7 dargestellt wurden.

Mit künstlicher Seeabsenkung ändern sich die Verhältnisse besonders stark in der Nähe des Davosersees. Eine Darstellung der tiefsten Grundwasserstände war uns aus genannten Gründen (S. 31/32) nicht möglich. (Die Höhenlinien konnten nur bis zum 17. Januar 1934[59]) verfolgt werden. Kurvenkarte, Tafel 8). Die Höhenlinien des Grundwasserspiegels sind besonders im Flüeladelta stark aufwärtsgewandert, während in der Davoserebene keine großen Verschiebungen eingetreten sind; dadurch hat sich eine weitere Ausflachung des Grundwassergefälls in der Umgebung von Rohr 12 ergeben.

Das Einzugsgebiet des Davosersees hat sich unterirdisch bedeutend vergrößert.

Aus den Kurvenkarten, Tafeln 5—8 ist der *Wechsel* der Lage der *Grundwasserscheide* gut ersichtlich.

Im Sommer bestehen zwei unterirdische Wasserscheiden: eine zwischen See- und Landwasser und eine zwischen Seewasser und Davosersee. Im Laufe des Sommers und Herbstes wandert die Grundwasserscheide zwischen See- und Landwasser rascher als die zwischen Seewasser und Davosersee; es fallen in dem

[59]) Die Stände in Rohr 1 und 7 konnten zum letzten Male gemessen werden.

Höhenlinien des Grundwasserspiege

15. Juli 193

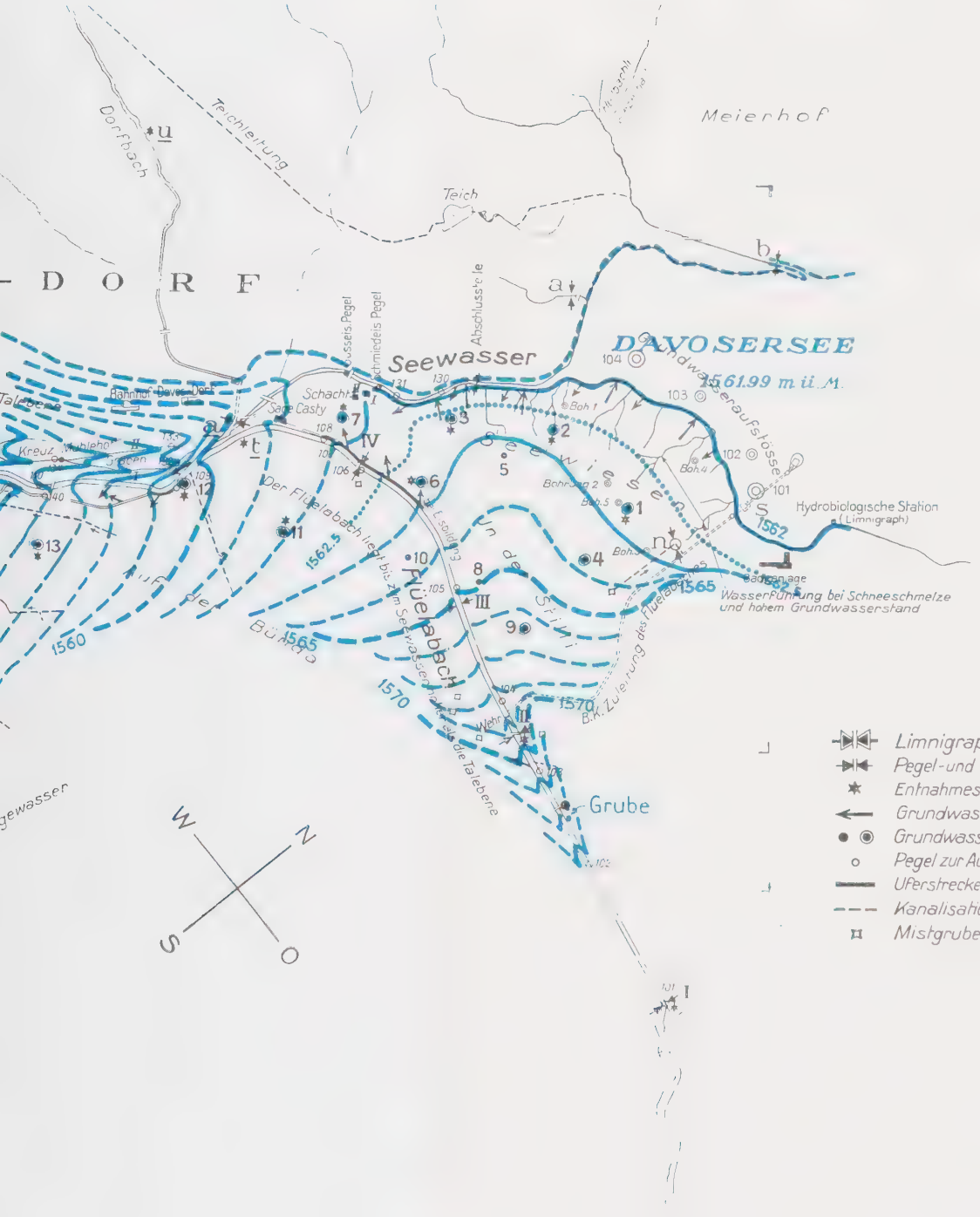
Hydrologischer Übersichtsplan der Landschaft Davos

Massstab 1 : 10 000

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m.

R. P. N. = 376.86 m

im Talboden von Davos



- Limnigraphenstationen
- Pegel- und Wassermessstationen
- Entnahmestellen für Wasserproben
- Grundwasser
- Grundwasserbeobachtungsstellen
- Pegel zur Aufnahme der Gewässer-Längenprofile
- Uferstrecke mit Wasserverlusten (H.W. 1935)
- Kanalisationsstränge
- Mistgruben

Höhenlinien des Grundwassersp

5. Dezemb

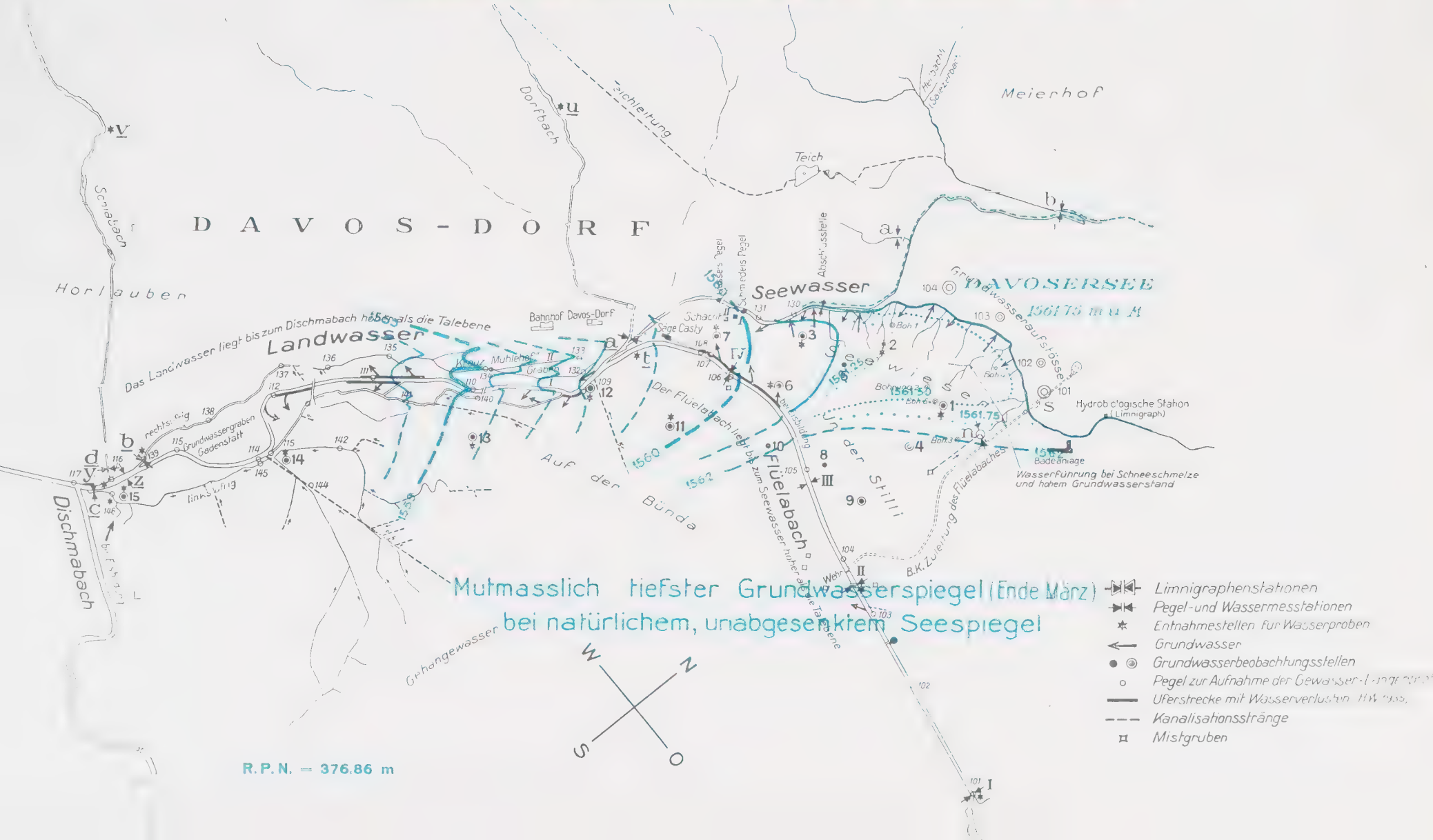
Hydrologischer Übersichtsplan der Landschaft Davos

Massstab 1:10 000

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 m

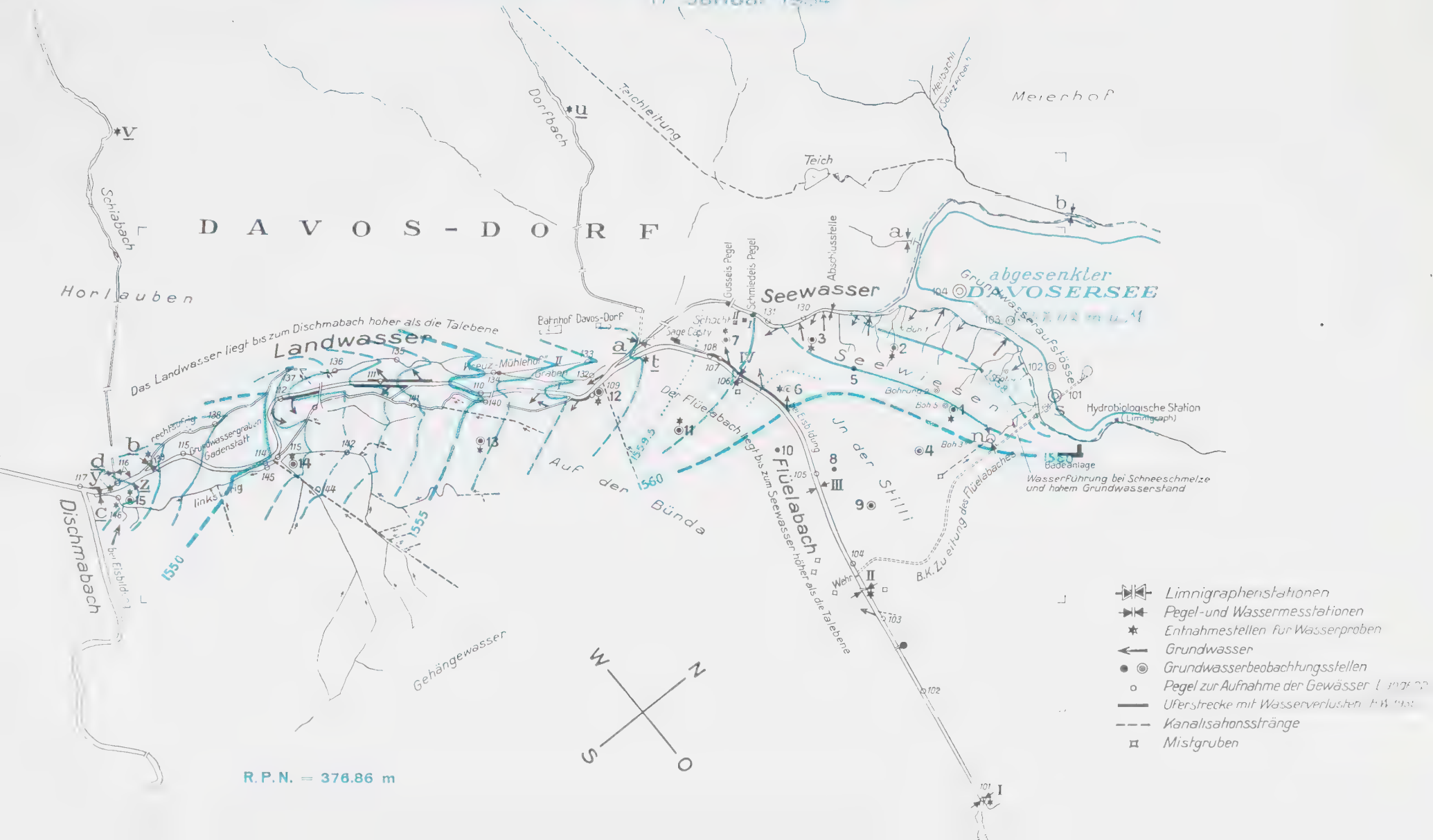
R. P. N. — 376.86 m

Höhenlinien des Grundwasserspiegels im Talboden von Davos



Höhenlinien des Grundwasserspiegels im Talboden von Davos

17. Januar 1934



Augenblick, da der Davosersee durch das Grundwasser angezapft wird, die beiden Grundwasserscheiden zusammen. [60])

Von diesem Augenblick an besteht zwischen Landwasser und Davosersee keine eigentliche Grundwasserscheide mehr, weil unterirdisch Wasser des Davosersees dem Landwassertal zufließt. [61]) Nur im östlichen Teil des Flüeladeltas besteht noch eine Grundwasserscheide; es scheidet sich dort Wasser, das direkt dem Landwassertal zufließt und solches, das zuerst in den Davosersee fließt. Da aber nach Tabelle 26 weniger Wasser aus dem Flüeladelta zum Davosersee fließt als aus dem Davosersee ins Flüeladelta, ist diese Wasserscheide nicht von Bedeutung.

Mit der Seeabsenkung verschiebt sich die Grundwasserscheide mehr oder weniger ruckartig wieder vom östlichen Teil in die Mitte des Flüeladeltas, um sich mit fortschreitender Absenkung langsam gegen das Landwasser hin zu bewegen.

Die Lageänderung der Grundwasserscheide muß sich auch im obern Teil des Flüeladeltas noch auffallend bemerkbar machen, sonst könnten schwerlich so große Aenderungen der Wasserstände durch die Seeabsenkung wie z. B. in den Rohren 12 und 13 eintreten, und der Zufluß von Grundwasser zum Davosersee würde nicht in solchem Maße erhöht.

Mit der Schneeschmelze und der Seeauffüllung wandert die Wasserscheide wieder gegen den See hin, bis sich die Sommerverhältnisse wie in Kurvenkarte, Tafel 5 wieder ergeben.

V. Zusammenfassung.

Die beschriebenen Grundwasseruntersuchungen in der Landschaft Davos, zur Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Bereich des Davosersees, des Flüeladeltas und der Davoserebene, wurden ausgeführt, um die Einwirkung der künstlichen Absenkung des Davosersees auf das Grundwasser festzustellen.

Eine alte, 40—60 m tiefe Erosionsschlucht des nordwärts gerichteten Landwassertals wurde im Flüeladelta und in der Davoserebene durch Alluvionen zugeschüttet, in denen sich nun das Grundwasser bewegt und in die auch die Beobachtungsrohre 1—17, auf eine Entfernung von über 2,5 km verteilt, eingetrieben wurden.

In diesen Rohren oder in einzelnen davon wurden während verschieden langer Zeiträume der Jahre 1931/32 bis 1934/35 Messungen des Wasserstandes und der Temperatur ausgeführt, auch chemische Untersuchungen vorgenommen, um aus diesen Befunden und aus dem Vergleich mit dem Gang der Gewässer, des Niederschlags und der Lufttemperatur die Einzel- und Allgemeinverhältnisse kennenzulernen und auf die einwirkenden Faktoren schließen zu können.

Die Bildung des Grundwassers geschieht durch Niederschläge, durch Gehängewasser und durch Sickerwasser aus den Gewässern. Umgekehrt trägt das Grund-

[60]) Das Seewasser erhält kein Grundwasser mehr.

[61]) In gewissem Sinne liegen die Grundwasserverhältnisse zwischen Seewasser und Landwasser analog dazu, indem am obern Seewasser Grundwasser in dasselbe fließt und am untern Seewasser Wasser wieder ins Grundwasser abgegeben wird.

wasser namhaft zur Wasserführung von Gräben, Bächen der Davoser Landschaft und — je nach der Jahreszeit — auch des Davosersees bei.

Für mehrere Rohre wurde eine große Abhängigkeit des Grundwasserstandes vom jeweiligen Stand des Vorfluters (Landwasser, Gräben usw.) festgestellt. Dagegen kann z. B. der Einfluß der natürlichen und künstlichen täglichen Schwankungen des Davosersees im Sommer und Herbst schon in den Rohren 3 und 7 nicht mehr nachgewiesen werden. Es darf im allgemeinen auf eine gute Durchlässigkeit der grundwasserführenden Schichten aus folgendem geschlossen werden: 1. Der Aufbau des Flüeladeltas nach den Profilen und Proben zeigt hauptsächlich Sand und Kies. 2. Die Aenderung der Grundwasserstände in den Rohren 1—17 (ausgenommen Rohr 4, 9 und 11, bei denen besondere lokale natürliche und künstliche Einflüsse vorliegen) vollzieht sich in benachbarten Rohren sehr ähnlich; es besteht ein guter hydraulischer Zusammenhang. 3. Das Fortschreiten der Kochsalzwelle im ersten Salzversuch ergab nur eine Scheitelung (bei längerer Versickerungsstrecke) und ähnliche Zeiten für die Ankunft des Maximums. 4. Schon nach der ersten schwachen Schneeschmelze Anfang April 1932 hat sich der Chemismus des Grundwassers stark geändert. 5. Die Dauer der Seeabsenkung für 10 m ergibt eine gute Beziehung mit dem Betrag des Grundwassermehrabsinkens in Rohr 12, obwohl nur ein indirekter Zusammenhang zwischen Davosersee und Grundwasser in Rohr 12 besteht. 6. Die Einwirkung der künstlichen Seeabsenkung macht sich in den seebenachbarten und seefernern Rohren geltend; gleichmäßig nimmt die Einwirkung landwasserabwärts ab.

Jahreszeitliche Schwankungen des Grundwassers rühren von der Art und Menge des Niederschlags her; besonders macht sich die Schneeschmelze bemerkbar (Stand, Chemismus, Temperatur), bei der direkte Einwirkungen vorliegen.

Der höchste Grundwasserstand fällt in den meisten Rohren (7—17) zeitlich ungefähr mit dem höchsten Stand des Vorfluters zusammen; in den seebenachbarten Rohren ist für ihn noch der Seestand maßgebend.

Der jährliche Gang des Grundwassers ist je nach dem Witterungsverlauf von Jahr zu Jahr wechselnd; eine Ueberdeckung desselben durch langandauernde Schwankungen läßt sich nicht erkennen.

Der Gang des Grundwassers in den Rohren 1—15 ist etwa von der beendeten Seeauffüllung an im Sommer und Herbst bis zur winterlichen Seeabsenkung ein natürlicher, er wird aber durch die Seeabsenkung mehr oder weniger stark künstlich beeinflußt. Das Grundwasser sinkt der Seeabsenkung wegen in den seenahen Rohren bedeutend ab; das Mehrabsinken des Grundwassers in Rohr 12 beträgt 1931/32 rund 3,3 m. Die Einflußzone der Seeabsenkung reicht landwasserabwärts bis zum Dischmabach. Das Grundwasser in den Rohren 16 und 17 hat das ganze Jahr seinen natürlichen Gang.

Das Grundwasser fließt im obern Teil des Flüeladeltas mehrere Meter unter der Erdoberfläche, dagegen ist es im untern Teil (Seewiesen) oberflächennäher und kann bei Hochstand an tiefen Stellen sogar austreten. Im Sommer fließen größere Mengen Grundwasser in den Davosersee und das Seewasser; diese nehmen mit dem natürlichen Fallen des Grundwasserspiegels ab, bis eine Umkehr der Grundwasserfließrichtung stattfindet und etwa ab Oktober das ins Landwassertal fließende Grundwasser auch vom Davosersee gespiesen wird. Dieser Zustand dauert bei normalem

winterlichem Seestand bis ins Frühjahr, während, veranlaßt durch die künstliche Seeabsenkung, das Grundwasser wieder dem See zufließt. Aus dem Wechsel der Grundwasserfließrichtung ergibt sich, daß das Einzugsgebiet für das Grundwasser sowohl natürlich wie auch bei künstlicher Seeabsenkung ein wechselnd großes ist, und daß die Wasserscheiden je nach den Jahreszeiten an andern Stellen zu suchen sind.

Im ganzen Flüeladelta haben wir es mit einem « Ausgleichsraum » für die Wasserführung der Gewässer zu tun, der besonders zwischen Rohr 3 und 12 recht groß ist, beträgt doch dort die natürliche Grundwasserschwankung (ohne Seeabsenkung) rund 1,5—2,5 m innerhalb eines Jahres, während sie in der Davoserebene nach den Messungen nur 0,4—1,0 m beträgt.

Das Mittel der Grundwassertemperatur der Rohre 11—17 beträgt vom Juni 1933 bis Mai 1934 5,2 °, 1,7 ° mehr als die Lufttemperatur. Das Maximum der Grundwassertemperatur wird je nach Lage des Grundwasserspiegels früher oder später nach dem Lufttemperaturmaximum erreicht; im Monatsmittel aller Rohre (1—17) ergibt sich gegenüber der Lufttemperatur eine Verzögerung des Maximums um einen Monat. Das Minimum der Grundwassertemperatur wird meist mit der Schneeschmelze erreicht; Kälteeinflüsse können aber auch durch in Grundwasser übertretendes Wasser der Bäche bei Eisbildung bemerkbar sein (zusammen mit außergewöhnlich großen, plötzlichen Grundwasseranstiegen). Bei künstlicher Seeabsenkung steigt bei fallender Außentemperatur und fallendem Grundwasserspiegel die Grundwassertemperatur in Rohr 12 von 2,4 auf 4,8 °. Dies stellt aber nur einen Einzelfall dar für den wahrgenommenen maßgebenden Einfluß der Bodentiefe auf die Temperatur des Grundwassers.

Die Temperatur der Grundwassergräben Gadenstatt zeigt im Winter ihre Speisung durch Grundwasser.

Der Chemismus des Grundwassers zeigt im allgemeinen ein kalkarmes, sehr weiches und kohlensäurereiches Wasser. Sobald der Chlorgehalt über 2 mg/l geht, zeigt dies Verunreinigungen (durch Abwässer) an; dies ist besonders dann der Fall, wenn Kanalisationen in offene Gräben (z. B. bei Rohr 14) münden.

Der erste Salzversuch im Februar 1932 bei Seeabsenkung ergab den Zusammenhang zwischen dem versickernden Flüelabachwasser und dem Grundwasser. Die berechnete Geschwindigkeit beträgt etwa 200—300 m/Tag, sie ist aber bei normalem Seestand wesentlich kleiner und dürfte etwa 120—200 m/Tag betragen.

Auf Grund der gemessenen Verluste im Winter 1931/32 für den Flüelabach zwischen Meßstelle I und III und der erhaltenen Wasserspende aus den einzelnen Gebieten der Davoser Landschaft wurde eine Berechnung und Verteilung der Grundwassermengen im Flüeladelta — mit und ohne Seeabsenkung — vorgenommen und die Einwirkung der Seeabsenkung auf die Grundwasserführung aus dem Flüeladelta ins Landwassertal bestimmt. Es wurde versucht, die dem Davosersee zufließenden Grundwassermengen zu ermitteln, und gefunden, daß an der winterlichen Speisung des Davosersees das Grundwasser einen maßgebenden Anteil hat.

Ueber die wahrscheinliche Fließrichtung und das Gefälle des Grundwassers geben vier schematisierte Höhenlinienpläne und mehrere Einzelprofile Auskunft und einen Ueberblick über die auftretende Mannigfaltigkeit.

Literaturverzeichnis.

1. *Arbenz P.:* Zur Frage der Abgrenzung der penninischen und ostalpinen Decken in Mittelbünden. Eclogae geol. Helv., Bd. 15, 1922.
2. *Bach H.:* Das Klima von Davos. Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges., Bd. 42, Zürich 1907.
3. *Bartels J.:* Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit und Sickerwasser. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, Berlin 1933.
4. *Burger H.:* Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. 1. Mitteilung. Mitt. d. Schweiz. Zentr.-Anst. f. d. forstliche Versuchswesen, Bd. 13, Heft 1, Zürich 1922.
   2. Mitteilung. Mitt. d. Schweiz. Zentr.-Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Bd. 14, Heft 2, Zürich 1927.
   3. Mitteilung. Mitt. d. Schweiz. Zentr.-Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Bd. 15, Heft 1, Zürich 1929.
5. *Cadisch J.:* Geologie der Weißfluhgruppe. Beitr. zur Geologie d. Schweiz, N. F. Liefg. 49, Heft 1, 1921.
6. *Cadisch J.:* Zur Geologie der Weißfluhgruppe zwischen Klosters und Langwies. Diss. Univ. Bern, 1922.
7. *Cadisch J.:* Zur Talgeschichte von Davos. Jahresbericht d. Nat. Ges. Graubündens z. Feier des 100jährigen Bestandes, N. F. Bd. 64, 1925/26.
8. *Cadisch J.:* Zur Geologie von Davos. Festschrift für die 110. Jahresversammlung d. Schweiz. Nat. Ges. in Davos 1929.
9. *Cadisch J., Eugster H.* und *Leupold W.:* Berichte über die Exkursionen der Schweiz. Geol. Ges. in Mittelbünden. Eclogae geol. Helv., Bd. 23, Nr. 1, 1930.
10. *Cadisch J., Leupold W., Eugster H.* und *Brauchli R.:* Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. Vierteljahrsschr. d. Nat. Ges. Zürich, 1919.
11. *Chorus U.* und *Levi F.:* Wintertemperaturen in und unter der Schneedecke. Verh. d. Schweiz. Nat. Ges. Thun, 1932.
12. *Escher F.:* Petrographische Untersuchungen in den Bergen zwischen Davos und Piz Kesch. Jahrb. d. Nat. Ges. Graubündens, 60, 1921.
13. *Fischer K.:* Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser- und Allergebiet. Jahrb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt., Bd. 7, Nr. 2, Berlin 1932.
14. *Fliegel G.:* Die Fließrichtung des Grundwassers in großen Tälern. Jahrb. d. Preuß. Geol. Landesanstalt, Bd. 47, Heft 1, 1926.
15. *Forchheimer Ph.:* Grundriß der Hydraulik. Teubners Techn. Leitfäden 8, 1920.
16. *Forster E.:* Die Temperatur fließender Gewässer Mitteleuropas. Geogr. Abh. 5, Heft 4, 1894.
17. *Friedrich W.:* Ueber die Verdunstung vom bewachsenen und unbewachsenen Erdboden. Deutsche Wasserwirtschaft, Jahrg. 28, Heft 4, 1933.
18. *Geßner H.:* Die Schlämmanalyse. Sammlung Kolloidforschg. Einzeldarstellg. 10, Leipzig 1931.
19. *Gubelmann H.:* Die Wasserfassung der Wasserversorgung der Stadt Bern. Monatsbull. d. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachmännern, Nr. 4, 5 und 6, 1930.
20. *Haas H.:* Quellenkunde. Leipzig 1895.
21. *Heim A.:* Geologie der Schweiz. Leipzig 1918—1922.
22. *Höfer v. Heimhalt H.:* Grundwasser und Quellen. Braunschweig 1920.
23. *Hug J.:* Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz. Ann. d. Schweiz. Landeshydrographie, Bd. 3, 1918.

24. *Hug J.:* Die Bedeutung der chemischen Zusammensetzung für die Beurteilung des Grundwassers. Monatsbull. d. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachmännern. Nr. 2, 1925.
25. *Hug J.:* Die wichtigsten Typen der ausnützbaren Grundwassergebiete der Schweiz. Monatsbulletin d. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachmännern. Nr. 2—8, 1928.
26. *Hug J.* und *Beilick A.:* Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich. Beitr. zur Geologie d. Schweiz. Geotechn. Serie, Hydrologie, Liefg. 1, 1934.
27. *Keilhack K.:* Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912 (3. Aufl. 1935).
28. *Keutner Chr.:* Die Wasserbewegung in durchlässigen Bodenschichten. Bautechnik, Heft 22 u. 24, 1933.
29. *Koehne W.:* Die Grundwasserbewegung im Grunewald bei Berlin. Zeitschr. f. d. Bauwesen, Heft 1—3, 1925.
30. *Koehne W.:* Beiträge zur Grundwasserkunde. Jahrb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt., Bd. 4, Nr. 4, 1927.
31. *Koehne W.:* Grundwasserkunde. Stuttgart 1928.
32. *Koehne W.:* Die zahlenmäßige Ermittlung der Wasserführung von Grundwasserströmen. Zeitschr. d. deutschen Geol. Ges., 85, H. 7, 1933.
33. *Koehne W.* und *Friedrich W.:* Ungewöhnliches Steigen des Grundwassers und Ueberschwemmungen in Senken ohne sichtbaren Abfluß. Jahrb. f. d. Gewässerkunde Norddeutschlands. Bes. Mitt., Bd. 8, Nr. 1, 1933.
34. *Kozeny J.:* Ueber den kapillaren Aufstieg des Grundwassers und die täglich wiederkehrenden Schwankungen des Bohrlochwasserspiegels. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 30, Heft 6, 1935.
35. *Lehmann O.:* Ueber die Beschaffenheit des Grundwasserspiegels in lockeren Aufschüttungen. Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, 67, 1924.
36. *Lehmann O.:* Ueber Quellen und Grundwasser. Geogr. Jahresber. aus Oesterr., 13, 1925.
37. *Lehmann O.:* Die Hydrographie des Karstes. Enzykl. d. Erdkunde, 6 b, 1932.
38. *Lehmann O.* und *Ule W.:* Physiogeographie des Süßwassers. Enzykl. d. Erdkunde, 1925.
39. *Lütschg O.:* Der Märjelensee und seine Abflußverhältnisse. Ann. d. Schweiz. Landeshydrographie, Bd. 1, 1915.
40. *Lütschg O.:* Ueber Niederschlag und Abfluß im Hochgebirge. Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Nr. 14, Zürich 1926.
41. *Lütschg O.:* Wasserstand und Wassertemperatur der Visp in Stalden bei Visp, Wallis (Schweiz). Geografiska Annaler, Heft 1 u. 2, 1928.
42. *Lütschg O.:* Zur Wasserwirtschaft des Kraftwerkes Wäggital. Siebnen (Schweiz) 1930.
43. *Lütschg O.:* Zur Hydrologie des Hochgebirges der Schweizer Alpen. Comptes rendus du Congrès Internat. de Géographie, Tome II, Paris 1931.
44. *Lütschg O.:* Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges. Herausgegeben v. Institut f. Gewässerkunde d. Eidg. Techn. Hochschule Zürich u. d. Geotechn. Kommission d. Schweiz. Nat. Ges. Zürich 1939. (Im Druck.)
45. *Machatschek F.:* Talstudien in der Innerschweiz und in Graubünden. Mitt. d. Geogr.-Ethnogr. Ges. Zürich, 27/28, 1928.
46. *Machatschek F.:* Zur Morphologie der Schweizer Alpen. Sonderbd. d. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1928.
47. *Maurer J.:* Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Schweizer Alpen. Meteorolog. Zeitschr., Heft 5, Braunschweig 1916.
48. *Maurer J., Billwiller R.* jr. und *Heß Cl.:* Das Klima der Schweiz. Frauenfeld 1909.
49. *von Moos A.:* Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Schweiz. Mineral.-Petrogr. Mitt., 15, 1935.
50. *Müller J.:* Zur Speisung der Seen. Arch. Hydrobiol., 23, 1931.
51. *Niggli P.:* Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie. Berlin 1927.
52. *Niggli P.:* Zur Charakterisierung der klastischen Sedimente nach der Kornzusammensetzung. Schweiz. Mineral.-Petrogr. Mitt., 15, 1935.
53. *Nußberger G.:* Beitrag zur Kenntnis der Quellenverhältnisse Graubündens. Chur 1917.

54. *Nußberger G.:* Heilquellen und Bäder im Kanton Graubünden. Verkehrsverein für Graubünden. Chur 1914.
55. *Prinz E.:* Handbuch der Hydrologie. Bd. 1, Berlin 1923.
56. *Prinz E.* und *Kampe R.:* Quellen, Bd. 2, Berlin 1934.
57. *Schaad E.:* Quellenstudien. Monatsbull. d. Schweiz. Ver. v. Gas- u. Wasserfachmännern, 1926.
58. *Schubert J.:* Verdunstungsmessungen an der Küste, im Flach- und Berglande, in Nadel- und Buchenwäldern. Verh. d. Klimatolog. Tagung in Davos 1925.
59. *Smreker O.:* Das Grundwasser, seine Erscheinungsformen, Bewegungsgesetze und Mengenbestimmungen. Diss. E. T. H. Zürich, 1914.
60. *Sölch J.:* Fluß- und Eiswerk in den Alpen. Ergänzungsheft A, Petermanns Mitt., 219, 1935.
61. *Soyka J.:* Die Schwankungen des Grundwassers. Geogr. Abh. Herausgegeben v. A. Penck, II, Heft 3, 1888.
62. *Staub R.:* Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. zur geol. Karte d. Schweiz, N. F. 46, Zürich 1916.
63. *Staub R.:* Neuere Ergebnisse der geologischen Erforschung Graubündens. Eclogae geol. Helv., Bd. 13, 1920.
64. *Staub R.:* Ueber Alter, Wesen und Ursachen der Gesteinsmetamorphose in Graubünden. Vierteljahrsschr. d. Nat. Ges. Zürich, 1920.
65. *Staub R.:* Der Bau der Alpen. Beitr. zur geolog. Karte d. Schweiz, N. F. 52, Zürich 1923.
66. *Staub R.:* Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. Neue Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges., 69, Zürich 1934.
67. *Streckeisen A.:* Geologie und Petrographie der Flüelagruppe. Schweiz. Mineral.-Petrogr. Mitt., 8, 1928.
68. *Thiem G.:* Hydrologisches und Technisches über die Grundwasserversorgung von St. Moritz im Oberengadin. Thiems hydrol. Sammlg., Heft 27, Leipzig 1933.
69. *Zingg Th.:* Beiträge zur Schotteranalyse, Schweiz. Mineral.-Petrogr. Mitt., 15, 1935.

Nachträge.

70. Geologischer Führer der Schweiz. Herausgegeben von d. Schweiz. Geol. Ges. (besonders Fasz. 13), 1934.
71. Wasserverhältnisse der Schweiz. Rheingebiet von den Quellen bis zur Taminamündung. Bern 1896.

Karten.

Beiträge zur Geologie der Schweiz. Spezialkarten.

a) Nr. 94, Geologische Karte von Mittelbünden, 1 : 25 000.
Blatt B, Davos: *J. Cadisch* u. *W. Leupold,* 1929.
b) Blatt D, Landwasser: *H. Eugster* u. *W. Leupold,* 1930.
c) Nr. 105 A, *R. Staub:* Tektonische Karte der Alpen, 1 : 1 000 000, 1924.
d) Nr. 105 B u. C, *R. Staub:* Der Bau der Alpen, 1 : 500 000, 1926.
e) Nr. 105 D, *R. Staub:* Schematische Längenprofile durch die Alpen, 1 : 1 000 000, 1926.

Geologischer Atlas der Schweiz.

f) Nr. 9, Blatt 423, Scaletta, mit Erläuterungen, 1 : 25 000, *P. Bearth, H. Eugster, W. Leupold, F. Spänhauer* u. *A. Streckeisen.*

Schweizerische Alpenposten.

g) Flüelapaß-Poststraße Davos—Süs—Zernez.
W. Leupold: Geolog. Profil durch die Weißhorn-Schiahorn-Gruppe bei Davos, 1 : 75 000, 1925.

Lebenslauf.

Ich wurde am 10. Januar 1910 in Stuttgart geboren. Dort besuchte ich von 1916 bis 1918 die Wilhelmsrealschule und von 1918 bis Ostern 1929 das Reformrealgymnasium, das ich mit dem Zeugnis der Reife verließ. Unterbrochen wurde diese Schulzeit durch eine 16monatige Volontärzeit in einer Druckerei.

Im Sommersemester 1929 und dem anschließenden Wintersemester studierte ich an der Technischen Hochschule in Stuttgart Mineralogie, Geologie, Botanik und anorganische Chemie. Im Sommersemester 1930 war ich an der Universität Kiel und studierte in der Hauptsache Zoologie, Geologie und Paläontologie des Flachlandes. Im Wintersemester 1930/31 beendigte ich mein anorganisches Chemiestudium in Stuttgart und setzte die Studien in Geologie, Paläontologie und Botanik fort. Im Sommersemester 1931 wurde ich an der Abteilung für Fachlehrer in Naturwissenschaften an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich aufgenommen und studierte in der Hauptsache Geologie und Petrographie. Anschließend war ich 8 Monate als Erziehungspraktikant im Landerziehungsheim Albisbrunn. Eine in Aussicht gestellte Arbeit über die Grundwasserverhältnisse zwischen Kiel und Lübeck brachten mich im Frühjahr 1932 wiederum an die Universität Kiel, wo ich bis Oktober 1933 immatrikuliert war. Den Arbeitsplatz für meine hydrobiologischen und hydrologischen Studien hatte ich in diesen anderthalb Jahren im Hydrobiol. Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Plön. Leider ließen persönliche Gründe die begonnene Arbeit nicht zum Schluß kommen und brachten die Uebersiedlung nach Zürich mit sich, wo ich seit dem Wintersemester 1933/34 an der Universität immatrikuliert bin. Durch Vermittlung von Herrn Prof. Dr. *P. Niggli* arbeitete ich im Institut für Gewässerkunde unter Leitung von Herrn Obering. Dr. phil. *O. Lütschg* an der Dissertation: « Beitrag zur Hydrologie der Landschaft Davos » und besuchte daneben Vorlesungen und Uebungen in Mineralogie, Petrographie, Geologie und Paläontologie.

Walter Dietz.